



Trabajo Fin de Carrera

Evaluación de la calidad nutricional y organoléptica del tomate rosa de Barbastro

Autor

Cristina Anoro Segura

Directoras

Dra. Esther Asensio Casas

Dra. Susana Menal Puey

Escuela Politécnica Superior de Huesca

Mayo 2013

Agradecimientos

En primer lugar me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a las directoras de este proyecto, *Esther y Susana*, por el apoyo que me han prestado, por la disponibilidad que me han ofrecido, por la implicación y la ilusión puesta en la realización de este trabajo. Ha sido un placer trabajar con vosotras.

A mi familia, por su incondicional apoyo y a quien debo toda mi carrera.

A Toño, por animarme día a día.

A mis compañeras con quienes he compartido incontables horas de estudio y escritorio *María D y Asun*, a *Mar* por aconsejarme y animarme durante toda la carrera y al resto de compañeras *María B, Reyes, Rakel, Miriam, Ana.....*gracias a todas vosotras, el paso por la Universidad se ha convertido para mí, en la etapa más divertida de mi vida.

Índice

Índice

Resumen	1
Abstract	4
Objetivos.....	5
1 Introducción.....	9
1.1 El Tomate. Origen	11
1.2 Descripción botánica	12
1.3 Parámetros de calidad del tomate	13
1.3.1 Calidad nutricional del tomate.....	14
1.3.1.1 Azúcares. Sólidos solubles totales (SST).....	17
1.3.1.2 Acidez	18
1.3.1.3 Licopeno.....	18
1.3.1.4 Vitamina C	20
1.3.2 Calidad organoléptica del tomate	21
1.4 El Tomate. Distribución	23
1.4.1 Importancia económica y distribución geográfica	23
1.4.1.1 Importancia económica y distribución geográfica en España	26
1.4.1.2 Importancia económica y distribución geográfica en Aragón.....	30
1.4.2 Principales tipos de tomates que se consumen en España.....	32
1.5 El tomate rosa de Barbastro.....	36
2- Experimental	39
2.1 Material de laboratorio	41
2.1.1 Equipos de laboratorio.....	41
2.1.2 Reactivos y disoluciones	42
2.1.2.1 Reactivos	42
2.1.2.2 Disoluciones.....	42
2.2 Muestras de tomates seleccionados para el estudio.....	44
2.2.1 Muestras de tomate y preparación.....	45
2.3 Metodología analítica	46
2.3.1 Determinación de sólidos solubles totales (SST)	46
2.3.1.1 Refractometría.....	46
2.3.1.2 Aerometría.....	47
2.3.2 Determinación de la acidez	48
2.3.3 Determinación del contenido en licopeno	50

2.3.3.1 Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) para la determinación de Licopeno.....	50
2.3.3.2 Espectroscopia para la determinación de licopeno.....	52
2.3.4 Determinación del contenido en vitamina C	56
2.3.4.1 Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) para la determinación de vitamina C	56
2.3.5 Criterios para la optimización de los métodos de análisis.....	58
2.3.6 Determinación de parámetros de calidad organoléptica en el tomate	59
2.3.6.1 Tipos de análisis organolépticos	60
2.3.6.2 Metodología para la evaluación organoléptica del tomate.....	63
3- Resultados y discusión	67
3.1 Determinación de sólidos solubles totales (SST)	69
3.1.1 Registro del peso de los tomates	69
3.1.2 Optimización determinación de sólidos solubles totales	69
3.2 Determinación de la acidez.....	74
3.2.1 Optimización determinación de la acidez.....	74
3.3 Evolución del contenido en SST y de la acidez durante el almacenamiento	74
3.4 Determinación del contenido en licopeno	82
3.4.1. Optimización determinación del contenido en licopeno	83
3.5 Determinación del contenido en vitamina C	86
3.5.1. Optimización de la separación cromatográfica del ácido ascórbico.....	87
3.5.2 Optimización determinación del contenido de ácido ascórbico	88
3.6 Comparación de la calidad nutricional entre los tipos de tomates seleccionados	92
3.6.1 Muestras de tomate seleccionadas.....	92
3.6.2. Análisis de los sólidos solubles totales (SST)	93
3.6.3. Análisis de la acidez	99
3.6.4. Índice de madurez	104
3.6.4 Análisis del contenido en licopeno	110
3.6.5 Análisis del contenido en ácido ascórbico y vitamina C.....	116
3.7 Análisis y comparación de la calidad organoléptica entre los tipos de tomates.	122
3.7.1 Preparación de la cata.....	122
3.7.2 Resultados obtenidos tras el análisis organoléptico de los tomates seleccionados	127
3.7.2.1 Evaluación del aroma.....	128
3.7.2.2 Evaluación de la dureza de la piel.....	130
3.7.2.3 Evaluación de la intensidad del sabor	132

3.7.2.4 Evaluación del dulzor.....	134
3.7.2.5 Evaluación de la textura	136
3.7.2.6 Otra información relevante obtenida en la cata.....	137
Conclusiones.....	141
Bibliografía.....	145

Índice de tablas

Tabla 1. Status taxonómico del tomate

Tabla 2. Composición nutricional de 100 g de la parte comestible del tomate.

Tabla 3. Contenido en licopeno de diferentes variedades de tomate, expresado como mg/kg tomate fresco.

Tabla 4. Relación acidez/azúcares para la descripción del sabor

Tabla 5. Producción de tomate en Europa

Tabla 6. Producción de tomate, expresado en toneladas, de las principales comunidades autónomas españolas.

Tabla 7. Producción española de las principales hortalizas, expresada en miles de toneladas.

Tabla 8. Producción y superficie cultivada en las provincias de Huesca, Zaragoza y Teruel desde el año 2006 al 2010.

Tabla 9. Descripción tomates seleccionados para este trabajo fin de carrera.

Tabla 10. Resumen modos cromatográficos en HPLC.

Tabla 11. Coeficiente de variación C.V.(%) en diferentes intervalos de fracciones de masa de analito.

Tabla 12. Resultados de SST (°Brix) para los cuatro protocolos aplicados a las muestras de tomate rama

Tabla 13. ANOVA de un factor. Comparación protocolos 3 y 4 para el análisis de SST. Significación de la etapa de colado

Tabla 14. Resultados de acidez (g ácido cítrico/L zumo de tomate) para los dos protocolos aplicados a las muestras de tomate rama.

Tabla 15. ANOVA de un factor. Comparación protocolos 3 y 4 para el análisis de la acidez. Significación de la etapa de colado

Tabla 16. Estudio de estabilidad en tomates rama almacenados a 4°C por 3 semanas

Tabla 17. ANOVA de un factor. Comparación pesos iniciales (día 0) con pesos a la semana 1 (día 7), 2 (día 14) y 3 (día 21).

Tabla 18. Resultados del test ANOVA entre días, para los parámetros sólidos solubles totales y acidez

Tabla 19. Resultados del contenido en licopeno (mg/kg tomate) para los tres protocolos aplicados a las muestras de tomate rama.

Tabla 20. ANOVA de un factor. Comparación protocolos 1 y 2 para el análisis del contenido en licopeno. Significación de la etapa de colado.

Tabla 21. Áreas de ácido ascórbico de la recta de calibrado

Tabla 22. Resultados del contenido en ácido ascórbico (mg/100 g tomate) para los tres protocolos aplicados a las muestras de tomate rama.

Tabla 23. Lotes de tomate rosa de Barbastro analizados.

Tabla 24. Resultados de los SST para los lotes de tomate rosa de Barbastro analizados.

Tabla 25. Resultados de SST para los lotes de tomate rama y pera analizados.

Tabla 26. ANOVA de un factor. Comparación de los SST entre tomates rama y pera. Significación del tipo de tomate en el nivel de azúcares.

Tabla 27. Comparación valores medios/medianos SST para tomate rosa de Barbastro, rama y pera.

Tabla 28. Resultados de acidez para los lotes de tomate rosa de Barbastro analizados.

Tabla 29. Resultados de acidez para los lotes de tomate rama y pera analizados.

Tabla 30. ANOVA de un factor. Comparación acidez entre tomates rama y pera. Significación de la variedad de tomate en el nivel de ácidos.

Tabla 31. Comparación valores medios/medianos acidez tomate rosa, rama y pera.

Tabla 32. Índice de madurez para los lotes de tomate rosa de Barbastro analizados.

Tabla 33. Resultados índice de madurez lotes de tomate rama y pera analizados.

Tabla 34. ANOVA de un factor. Comparación índice madurez entre tomates rama y pera. Significación de la variedad de tomate en el índice de madurez.

Tabla 35. Comparación valores medios índice de madurez tomate rosa, rama y pera.

Tabla 36. Contenido en licopeno para los lotes de tomate rosa de Barbastro analizados.

Tabla 37. Resultados contenido en licopeno lotes de tomate rama y pera analizados.

Tabla 38. ANOVA de un factor. Comparación contenido licopeno entre tomates rama y pera. Significación de la variedad de tomate en el contenido de licopeno.

Tabla 39. Comparación valores medios/medianos licopeno tomate rosa, rama y pera.

Tabla 40. Contenido en ácido ascórbico y vitamina C para los lotes de tomate rosa de Barbastro analizados.

Tabla 41. Resultados contenido ácido ascórbico y vitamina C en tomate rama y pera.

Tabla 42. ANOVA de un factor. Comparación contenido ácido ascórbico y vitamina C entre tomates rama y pera. Significación de la variedad de tomate en el contenido de ácido ascórbico y vitamina C.

Tabla 43. Comparación valores medios/medianos de ácido ascórbico y vitamina C en el tomate rosa de Barbastro, rama y pera.

Tabla 44. Resultados evaluación del aroma en la cata de tomates.

Tabla 45. Resultados evaluación de la dureza de la piel en la cata de tomates.

Tabla 46. Resultados evaluación intensidad del sabor en la cata de tomates.

Tabla 47. Resultados evaluación del dulzor en la cata de los tomates.

Tabla 48. Resultados evaluación de la textura de la piel en la cata de tomates.

Índice de figuras

Figura 1. Principales países productores de tomate.

Figura 2. Producción mundial de tomate (2006–2010).

Figura 3. Producción (%) de tomate a nivel mundial según continentes.

Figura 4. Evolución de la superficie destinada a cultivo de tomate (1999–2009).

Figura 5. Evolución de la producción de tomate en España (1999–2009).

Figura 6. Principales comunidades autónomas españolas productoras de tomate

Figura 7. Principales alimentos producidos en España.

Figura 8. Evolución de la cantidad de tomate exportado e importado en España durante el periodo 2000–2010.

Figura 9. Uso del tomate producido en Aragón..

Figura 10. Evolución producción tomate en Aragón (2006-2010).

Figura 11. Tomate canario o tomate liso

Figura 12. Tomate cherry o cereza

Figura 13. Tomate Daniela/Long life

Figura 14. Tomate pera

Figura 15. Tomate raf.

Figura 16. Tomate rosa del Somontano.

Figura 17. Evolución en la producción de tomate rosa de 2009 a 2012

Figura 18. Refractómetro digital de ABBE “WYA.1S” y modo de introducción de la muestra y lectura.

Figura 19. Diferentes tipos de hidrómetros.

Figura 20.. Esquema de un sistema de cromatografía líquida HPLC.

Figura 21. Componentes principales equipo de Espectroscopia de absorción molecular

Figura 22. Equilibrio redox entre ácido ascórbico y ácido dehidroascórbico.

Figura 23. Hoja de cata entregada para la evaluación organoléptica.

Figura 24. Muestras de tomate –triturado– para el análisis de SST.

Figura 25. Muestras de tomate –triturado y centrifugado– para el análisis de los SST.

Figura 26. Muestras de tomate triturado, colado y centrifugado; triturado y, triturado y centrifugado para el análisis de los SST.

Figura 27. Dilución de la muestra de tomate únicamente triturada, valoración dificultosa por no diferenciarse bien el punto de viraje.

Figura 28. Muestra triturada y colada –protocolo 2– tras tres horas de decantación

Figura 29. Evolución del peso de tomate almacenado y refrigerado durante 3 semanas

Figura 30. Evolución sólidos solubles totales en tomates rama conservados a 4 °C.

Figura 31. Evolución acidez en tomates rama conservados a 4 °C.

Figura 32. Evolución del índice de madurez en tomates rama conservados a 4 °C

Figura 33. Tubo ámbar utilizado para la determinación del licopeno.

Figura 34. Cromatograma del patrón de ácido ascórbico de 50 ppm

Figura 35. Recta de calibrado obtenida para la cuantificación del ácido ascórbico

Figura 36. Cromatograma obtenido mediante HPLC, análisis ácido ascórbico en tomate rama perteneciente a la fase de optimización.

Figura 37. Evolución sólidos solubles totales en el tomate rosa de Barbastro.

Figura 38. Comparación sólidos solubles totales de los diferentes tomates analizados.

Figura 39. Evolución de la acidez en el tomate rosa de Barbastro.

Figura 40. Comparación sólidos solubles totales en los tipos de tomate estudiados.

Figura 41. Evolución del índice de madurez en el tomate rosa de Barbastro.

Figura 42. Comparación índice de madurez en los tipos de tomate estudiados

Figura 43. Comparación SST, acidez e IM en los tipos de tomate estudiados.

Figura 44. Evolución del contenido en licopeno en el tomate rosa de Barbastro.

Figura 45. Datos medios temperatura estación Monflorite (Huesca).

Figura 46. Datos medios mensuales irradiación solar global 2011-2012.

Figura 47. Comparación contenido en licopeno en los tipos de tomate estudiados

Figura 48. Evolución del contenido en ácido ascórbico y vitamina C en el tomate rosa.

Figura 49. Comparación ácido ascórbico y vitamina C en tipos de tomate estudiados.

Figura 50. Participantes de la cata.

Figura 51. Preparación de las muestras de tomate para la realización de la cata

Figura 52. Tipos de platos según la distribución de los cuatro tipos de tomate

Figura 53. Esquema de la distribución de los puestos de cata y los tipos de platos

Figura 54. Distribución y preparación de los puestos de cata.

Figura 55. Representación gráfica evaluación aroma en los tres tipos de tomates.

Figura 56. Representación gráfica evaluación dureza piel en los tres tipos de tomates.

Figura 57. Representación gráfica evaluación intensidad sabor en los tipos de tomates

Figura 58. Representación gráfica evaluación dulzor en los tres tipos de tomates.

Figura 59. Representación gráfica evaluación textura en los tres tipos de tomates.

Figura 60. Valoración global tipos de tomate catados.

Resumen

Resumen

En este proyecto fin de carrera se ha realizado un estudio comparativo entre algunos de los tomates de mayor consumo en la provincia de Huesca, caso de los tomates tipo rama y tipo pera que pueden ser adquiridos fácilmente en el mercado en cualquier época del año con un precio relativamente bajo y la variedad de **tomate rosa de Barbastro** que, debido a sus características organolépticas, es una de las riquezas agrícolas de la comarca y uno de los tomate más apreciados en la provincia de Huesca, para ello se ha realizado una caracterización nutricional y organoléptica de cada una de estos tipos de tomate.

Para la caracterización nutricional de los diferentes tipos de tomate seleccionados, los parámetros analizados han sido el contenido de sólidos solubles totales (SST) mediante refractometría, la acidez mediante volumetría ácido/base, contenido en licopeno mediante espectroscopia de absorción molecular en el UV/Vis y el contenido en vitamina C mediante cromatografía HPLC con detector UV/Vis, que incluye la determinación del ácido ascórbico y de la vitamina C total. Se ha realizado una optimización del tratamiento de muestra necesario para el análisis de cada uno de los parámetros antes citados, así como se ha optimizado y puesto a punto cada uno de los protocolos seguidos para el análisis de la calidad nutricional.

Se ha llevado a cabo el seguimiento de los parámetros nutricionales anteriormente citados a lo largo de los meses de la campaña comercial para el tomate rosa de Barbastro. Tras los análisis para la caracterización nutricional de los tres tipos de tomates estudiados, se obtuvieron valores similares de sólidos solubles totales en los tres tipos, y una mayor acidez y contenido en vitamina C en el tomate rosa de Barbastro, así como una mayor concentración de licopeno en el tomate pera.

Se ha realizado un análisis sensorial para la valoración de las propiedades organolépticas de los tres tipos de tomates seleccionados mediante una cata que se realizó en la Escuela Politécnica Superior de Huesca.

Abstract

In this final project has made a comparative study of some of the most consumed tomatoes in the province of Huesca, for branch tomatoes and pear-shaped type that can be purchased easily from the market at any time of year with a relatively low price and pink tomato variety of Barbastro that due to its characteristics, is one of the agricultural wealth of the region and one of the most cherished tomato in the province of Huesca, for it has made a nutritional characterization organoleptic each of these types of tomato.

For characterization of different types nutritional tomato selected parameters analyzed were the soluble solids by refractometry, acidity by titration acid / base, lycopene content by molecular absorption spectroscopy in the UV / Vis and vitamin C content by HPLC with UV / VIS detector, which includes the determination of ascorbic acid and vitamin C altogether. There has been a treatment optimization sample necessary for the analysis of each of the above parameters and is optimized and tuned each of the protocols followed for analyzing nutritional quality.

It has carried out monitoring of the nutritional parameters mentioned above over the months of the marketing year for Barbastro pink tomato. After testing for nutritional characterization of three types of tomatoes studied, we obtained same values of total soluble solids in the three tomatoes, high values for acidity and concentration of vitamin C in tomatoes rose of Barbastro and the highest concentration of lycopene in tomatoes pear type.

We carried out a sensory analysis for the assessment of the organoleptic properties of the three types of tomatoes selected by a tasting held at the Polytechnic School of Huesca.

Objetivos

Objetivos

Este proyecto fin de carrera tiene como **objetivo general**:

- Valorar la calidad nutricional y organoléptica del tomate rosa de Barbastro comparando sus propiedades con otros tipos de tomates de consumo frecuente en la provincia de Huesca.

Para realizar una correcta caracterización nutricional y organoléptica del tomate rosa de Barbastro y su posterior comparación con otros tipos de tomates, es indispensable la selección de una correcta metodología analítica de trabajo, y para ello se fijaron los siguientes **objetivos concretos** para este proyecto:

- Realizar una búsqueda bibliográfica en las bases de datos de artículos científicos en relación a los métodos de análisis empleados en la determinación de los parámetros nutricionales en productos vegetales: vitaminas, contenido en licopeno, azúcares, grado de acidez, etc.
- De acuerdo a la bibliografía encontrada y a la disponibilidad de material, equipos, instrumental, reactivos, límites de detección y límites de cuantificación necesarios, se seleccionará la metodología analítica adecuada para este proyecto: refractometría, volumetría ácido/base, cromatografía de líquidos (HPLC) y espectrofotometría de absorción molecular en el UV/visible. El método de análisis seleccionado, para cada parámetro nutricional, se optimizará para su aplicación al análisis del tomate.
- Analizar el tomate rosa de Barbastro y diferentes tipos de tomates seleccionados para su comparación, de acuerdo a la metodología analítica optimizada y puesta en marcha en el laboratorio, seleccionada en el objetivo anterior.
- Valorar las propiedades nutricionales del tomate rosa de Barbastro frente a los otros tipos de tomates seleccionados.
- Valorar las propiedades organolépticas del tomate rosa frente a los otros tipos de tomates seleccionados para determinar las preferencias de los consumidores.

Introducción

1- Introducción

1.1- El Tomate. Origen

El tomate tiene su origen en la zona oeste de América del Sur, entre el norte de Chile y el sur de Colombia, donde crece en forma silvestre. Las formas botánicas silvestres y más ancestrales, de las cuales descienden los cultivares modernos, son nativas de la región Andina, en una franja de 300 km de ancho, que limita al Sur con Chile, al norte con Ecuador, al este con la cordillera de los Andes y al oeste con el Océano Pacífico hasta las islas Galápagos. En algún momento decisivo de la historia del tomate, alguien decidió plantar y cultivar tomates en vez de recolectarlos como fruto silvestre. Ése fue el primer agricultor de tomates de la historia y tomando esa decisión, cambió el futuro del tomate para siempre. Se habla de la *domesticación* del tomate.

Los tomates fueron domesticados en América, sin embargo, el lugar y momento en el que tuvo lugar son en gran parte desconocidos (*Peralta & Spooner, 2007*). Dos hipótesis se han propuesto para el lugar de origen de la domesticación del tomate, una peruana y otra mexicana. Aunque la prueba definitiva para el lugar y momento es deficiente, México se cree que es la región más probable de domesticación, con Perú como el centro de diversidad de especies silvestres emparentadas (*Larry & Joanne, 2007*). El *Solanum Lycopersicum cerasiforme* se piensa que es el antepasado del tomate cultivado, basándose en su amplia presencia en América Central (*Cox, 2000*).

El tomate no fue conocido en Europa hasta después de la llegada de los españoles a América (*Rick, 1976*). Durante las décadas posteriores, el cultivo de las diferentes variedades de tomates se esparció por Francia, España e Italia, siendo muy rápida su aceptación como fruto comestible. En cambio, pasó lo contrario en la zona norte y este de Europa, donde el tomate generaba gran desconfianza como producto de consumo, dado que se le creía venenoso. Este razonamiento era debido a varias razones, como su relación con otras plantas de la familia de las Solanáceas –caso de la belladona y beleño–, sus hojas punzantes y cierto grado de superstición de la población.

Actualmente, su cultivo ha alcanzado tal difusión que difícilmente puede encontrarse otro fruto agrícola con tales cantidades de consumo como el tomate, ya sea en fresco o en distintos tipos de jugos o salsas. Su cultivo está difundido a todos los continentes y

en muchos casos representa una de las principales fuentes de vitaminas y minerales para las personas que lo consumen (*Esquinas–Alcázar & Nuez, 1995*).

1.2- Descripción botánica

La primera descripción botánica del tomate fue publicada por el italiano Pier Andrea Mattioli, del jardín botánico de Padua (Italia), en la edición de su herbario de 1554, que lo denominó "*pomi d'oro*" (manzana dorada), origen del actual nombre italiano "*pomodoro*" lo que hace pensar que el primer tomate que llegó fue el de una variedad de color amarillo (*Warnock, 1988*).

Linnaeus (1753), fue el primero en clasificar al tomate cultivado en el género *Solanum*. Un año después, fue reconocido dentro del género *Lycopersicon (Miller., 1754)*. *Child, (1990)*, en base a un estudio de carácter morfológico, transfirió el género *Lycopersicon* dentro del género *Solanum* subgénero *Potatoe*, sección *Lycopersicum*, subsección *Lycopersicum* y lo dividió en tres series.

Spooner et al., (1993), mediante el análisis de sitios de restricción de ADN del cloroplasto, identificaron que el tomate y dos de sus especies silvestres relacionadas, conformaron un solo grupo con especies del género *Solanum* subgénero *Potatoe*, de esta manera, reconocieron al tomate como perteneciente al género *Solanum* especie *Solanum Lycopersicum L.*

Más recientemente, *Peralta & Spooner, (2001)* y *Marshall et al., (2001)*, determinaron que todas las especies del anterior género *Lycopersicon* y dos especies del género *Solanum* subgénero *Potatoe* conformaron un mismo grupo, verificando de esta manera, la inclusión del tomate cultivado y sus especies relacionadas dentro del género *Solanum* sección *Lycopersicum*. Por lo que el tomate –*Solanum Lycopersicum L.*– se puede identificar tal y como se muestra en la Tabla 1 (*Reche, 2010*).

Tabla 1. *Status taxonómico del tomate (Reche, 2010).*

Reino	<i>Plantae</i>
División	Magnoliophyta
Clase	Dicotiledóneas
Orden	Tubifloras
Familia	Solanaceae
Subfamilia	Solanoideae
Género	<i>Solanum</i>
Sección	<i>Lycopersicum</i>
Especie	<i>Esculentum</i>

El tomate es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las Solanáceas. Esta familia, se caracteriza porque todos sus miembros presentan haces bilaterales y una estructura floral específica que consta de flores radicales y cinco estambres. Tanto el ovario como el súpero y el bicarpelar, presentan numerosos primordios seminales que generan bayas polispermos y los carpelos se encuentran situados de forma oblicua con respecto al plano mediano de la flor (Nuez, 2003).

1.3- Parámetros de calidad del tomate

La calidad de los alimentos es el conjunto de cualidades que los hacen ser aceptados por los consumidores. Estas cualidades incluyen tanto las percibidas por los sentidos –cualidades sensoriales– como las higiénicas, las nutritivas y las comerciales. De esta manera, se considera que son determinantes de la calidad de un alimento tanto el color, aroma, sabor y textura, como su valor nutritivo y la ausencia de contaminantes que lo harían insano.

La calidad es un concepto relativo que depende de una serie de aspectos externos al alimento que condicionan la aceptación o rechazo del alimento por parte del consumidor. Para el caso de las frutas y hortalizas, el consumidor ha establecido como criterios más importantes de selección para el consumo la madurez, frescura, sabor y aspecto, es decir la calidad organoléptica, relegando a un segundo plano el valor nutritivo y el precio (Nuez, 2003). Hoy en día, además del aspecto sensorial del vegetal, se considera muy importante el valor nutritivo del mismo. Datos del último estudio publicado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) y realizado por la Asociación de Cadenas Españolas de Supermercados

(ACES), muestran un consumidor cada vez más exigente con la calidad de los productos frescos, muy sensibilizado con la nutrición y salud, y preocupado también por la seguridad alimentaria (MARM-ACES, 2008). En este sentido, del tomate se valora la forma, color, aroma, textura, ausencia de daños y su composición nutricional y salubridad.

1.3.1- Calidad nutricional del tomate

En general, el **tomate** es un alimento cuyo componente mayoritario es el agua, seguido de los hidratos de carbono. Se considera una hortaliza cercana a las frutas, ya que su aporte en azúcares simples es superior al de otras verduras lo que le confiere un sabor dulce. Es una fuente importante de vitaminas entre las que destacan la vitamina C, la vitamina E, la provitamina A (principalmente, el β -caroteno), vitaminas del grupo B (B1 y B3), y de minerales como el fósforo y el potasio. Además, presenta un alto contenido en licopeno, un pigmento que le proporciona su característico color rojo, y que se considera el más potente de los antioxidantes (Beecher, 1998). Se ha demostrado que esta sustancia puede prevenir e incluso combatir el cáncer, porque protege las células de los efectos de la oxidación (Sies et al., 1992; Abushita et al., 1997; Giovannucci, 1999).

El **valor nutricional** del tomate es el grado de utilidad que poseen los alimentos para satisfacer los requerimientos de sustancias necesarias para garantizar el buen funcionamiento del organismo humano o animal. La calidad nutritiva, aunque es imperceptible para los consumidores, es de gran importancia. Algunas sustancias presentes en los alimentos proporcionan adicionalmente beneficios médicos y saludables, incluyendo la prevención y el tratamiento de enfermedades, por lo que se les denomina compuestos nutraceuticos (Jack, 1995). Estos compuestos pueden variar dependiendo de la especie, el cultivar, los factores ambientales, las técnicas agrícolas, los tratamientos postcosecha y el almacenaje (Dumas et al., 2003).

En la Tabla 2 se muestra la composición nutricional media del tomate (FAO, 2013). Como se puede observar, los componentes nutricionales del tomate son azúcares y ácidos, proteínas, lípidos, minerales, componentes fenólicos, pigmentos y vitaminas. Estos tres últimos se han identificado como compuestos nutraceuticos, por lo que el tomate se ha identificado como un alimento funcional y nutraceutico (Jack, 1995; Canene-Adams et al., 2005).

Tabla 2. Composición nutricional de 100 g de la parte comestible del tomate.

<i>Compuesto</i>	<i>Cantidad</i>
Calorías	21
Agua	94,3 g
Carbohidratos	3,3 g
Grasas	0,1 g
Proteínas	0,9 g
Fibra	0,8 g
Cenizas	0,6 g
Sodio	9 mg
Calcio	7 mg
Fósforo	19 mg
Hierro	0,7 mg
Vitamina A	1.100 U.I.
Tiamina	0,05 mg
Riboflavina	0,02 mg
Niacina	0,6 mg
Ácido ascórbico	20 mg
Ácido málico	0,1 g
Ácido cítrico	0,2 g

Los **azúcares** reductores representan aproximadamente el 50 % de la materia seca, siendo la glucosa y la fructosa los mayoritarios. Y los **ácidos orgánicos**, principalmente cítrico y málico, representan más del 10 % de la materia seca (Nuez, 2003). Tanto los azúcares como los ácidos tienen un papel fundamental en el sabor del tomate.

El contenido medio de **proteínas** y **lípidos** del tomate es muy pobre, alrededor de un 0,6 % del peso fresco (Davies & Hobson, 1981). De modo que el tomate no puede ser considerado una fuente importante de estos compuestos.

Los **minerales** representan una fracción pequeña del contenido fresco, aproximadamente un 0,4 % (Davies & Hobson, 1981) pero desempeñan un importante papel en la composición nutritiva del fruto. Sin embargo, el incremento del contenido en minerales del tomate está más condicionado por la práctica de la fertilización que por factores genéticos, por lo que no suele considerarse en programas de mejora genética.

Los principales **componentes fenólicos** en el tomate son el quercetín, la naringenina, la rutina y el ácido clorogénico (*Hertog et al., 1992; Clifford, 1999; Paganga et al., 1999; Chassy et al., 2006; Luthria et al., 2006*). La concentración de fenoles totales en muestras de tomate fresco se ha visto que varía de 259,15 mg/kg a 498,60 mg/kg (*Martínez-Valverde et al., 2002; Podsedek et al., 2003; Zhou & Yu, 2006*). A causa de su estructura, los fenoles son muy eficientes en la lucha contra los radicales peróxido (*Halliwel, 1992; Aruoma, 1999*). El ácido clorogénico y derivados se han relacionado con propiedades beneficiosas para la salud humana debido a este poder antioxidante, así como hepatoprotector, hipoglucémico y por su actividad antiviral (*Farah & Donangelo, 2006*).

A pesar de que el tomate presenta una baja concentración de **pigmentos**, del orden de 200 mg/kg tomate fresco (*Davies & Hobson, 1981*), éstos le aportan un gran valor nutraceútico. Uno de los principales grupos de pigmentos –rojos, naranjas y amarillos– que se pueden encontrar en este fruto son los carotenoides. El 90–95 % de los carotenoides presentes en el tomate maduro son carotenos (*Gross, 1991*). El licopeno es el caroteno más abundante en los tomates de color rojo, llegando a representar, en determinadas variedades más del 90 % de los carotenoides totales. Este compuesto junto al β -caroteno –llamado provitamina A– son los de mayor valor nutraceútico, y juegan un papel importante en las funciones metabólicas humanas (*Rao & Rao, 2007*). De hecho, se ha visto que existe una relación directa entre el consumo de frutas y hortalizas ricas en licopeno y la reducción del riesgo de cáncer y enfermedades vasculares (*Clinton, 1998; Dorgan et al., 1998; Bertram & Vine, 2005; Omoni & Aluko, 2005; Tang et al., 2005; Story et al., 2010*). El tomate y sus subproductos –salsas, zumos, etc.– son la principal fuente de licopeno en la dieta occidental (*Chung-Ahuja et al., 1993*).

El tomate es una fuente interesante de **vitaminas** para nuestro organismo, principalmente la vitamina C. Las vitaminas son moléculas orgánicas esenciales para el normal crecimiento, desarrollo y reproducción de humanos y animales. Se considera también fuente de vitamina A, pero no porque contenga este componente, sino porque aporta al organismo importantes cantidades de β -caroteno, que actúa como vitamina A, por lo que se le conoce como provitamina A.

Para llevar a cabo la valoración nutricional del tomate objeto de este estudio, se han seleccionado aquellos nutrientes más representativos de este fruto o con una función altamente beneficiosa para el organismo, como son los **azúcares, la acidez, el licopeno y la vitamina C**. Estos nutrientes se describen a continuación.

1.3.1.1- Azúcares. Sólidos solubles totales (SST)

La sacarosa es el principal producto de la fotosíntesis en las plantas y, la mayor forma en la que los carbohidratos se desplazan desde las hojas hacia el resto de la planta para abastecerla de carbono y energía durante el crecimiento y almacenaje (*Rees, 1988*). *Yamakami, (1995)*, describe el movimiento de los azúcares en siete procesos:

- (1) asimilación carbohidratos por fotosíntesis y síntesis de los azúcares translocables;
- (2) aporte de los azúcares translocables en el floema
- (3) translocación en el floema desde las hojas a los frutos
- (4) transporte de los azúcares translocables en las células parenquimatosas del fruto
- (5) degradación de los azúcares descargados
- (6) transporte de los azúcares a través de la membrana
- (7) compartimentación de los azúcares dentro de la vacuola

En el caso particular del tomate, los azúcares reductores constituyen la mayoría de los sólidos solubles totales, con valores del 1,5 % al 4,5 % del peso fresco, lo que equivale al 65% de los sólidos solubles totales, siendo la glucosa ($C_6H_{12}O_6$) y la fructosa ($C_6H_{12}O_6$) los mayoritarios –del orden de 1,45 g y 1,82 g respectivamente, sobre 100 g de tomate–. Si bien, tal y como se ha mencionado, la sacarosa es la principal forma de transporte de fotoasimilados de las hojas, no suele exceder del 0,1 % del peso fresco, aunque algunas especies no comerciales contienen grandes cantidades de sacarosa y muy poca glucosa y fructosa.

Reina et al., (1998), explicaron el comportamiento de los azúcares –llamados sólidos solubles totales (SST)– a lo largo del proceso de maduración del fruto. A partir del octavo día tras la cosecha del fruto, los azúcares van disminuyendo de forma considerable ya que los hidratos de carbono sufren una serie de cambios bioquímicos durante la maduración, se produce una degradación de los polisacáridos de las membranas celulares que ejercen una contribución importante de azúcares y posteriormente y transcurrido ese tiempo, su contenido disminuye. Es por ello, que el

contenido en sólidos solubles totales también sirve como un índice fisiológico para caracterizar el estado de madurez de los frutos (*Bargerth & Schoröder, 1994*).

1.3.1.2- Acidez

Los ácidos orgánicos presentes en los alimentos influyen en su sabor, color y estabilidad. Los valores de acidez pueden ser muy variables en el caso del tomate, el contenido de ácidos orgánicos aumenta con el crecimiento del fruto y se acumula principalmente en los lóculos, los principales ácidos son el málico y el cítrico que representan aproximadamente el 13 % de la materia seca. Al principio del crecimiento, el ácido málico es el predominante mientras el cítrico representa sólo el 25 %, pero como al realizar los análisis se suele trabajar con tomate maduro de consumo, se asume que el contenido de ácido cítrico es mayor, por esta razón, la acidez titulable se expresa con relación a éste ácido (*Nuez, 2003*).

Los tomates están compuestos de ácidos orgánicos, de los cuales, el mayoritario es el ácido cítrico (*Pedro & Ferreira, 2007*). La acidez total de un tomate define su sabor, y su determinación resulta fundamental para la industria de este sector (*Gould et al., 1992*). La acidez de los frutos de tomate es responsable –junto al contenido en sólidos solubles totales– del sabor en el tomate (*Anastasio & Abad, 1997*). La acidez máxima durante la maduración coincide con la aparición del color rosado, descendiendo después progresivamente. Los valores de la acidez valorable para el tomate común oscilan entre los 0,37–0,55 g de ácido cítrico/100 g tomate (*Shinohara et al., 1982*).

1.3.1.3- Licopeno

Los carotenoides son pigmentos naturales, sintetizados por plantas y microorganismos, responsables en parte, del color de los mismos (*Clinton, 1998*). La importancia de los carotenoides en nutrición humana y salud se ha centrado principalmente en aquéllos que poseen actividad vitamina A, como son el α -caroteno y el β -caroteno. Actualmente, se sabe que otros carotenoides están despertando un interés nutricional como compuestos fitoquímicos. Entre estos carotenoides, con un efecto beneficioso para la salud en función de sus propiedades biológicas, se encuentra el **licopeno**, cuya actividad está implicada con importantes efectos en la salud y nutrición humana (*Nguyen & Schwartz, 1999*).

El cuerpo humano es incapaz de sintetizar carotenoides, por lo que debe obtenerlos a partir de la alimentación. En general, el tomate y sus productos derivados suponen al menos el 85 % del licopeno ingerido a través de la dieta (*Rao & Agarwal, 2000*). El consumo regular de tomates se ha asociado a través de estudios poblacionales con una disminución del riesgo de enfermedades crónico degenerativas (*Rao & Agarwal, 1998*). Evidencias experimentales han relacionado dicho pigmento con un menor riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares (*Willcox et al., 2003; Blum et al., 2005*) con propiedades antioxidantes y como un agente que previene el cáncer de próstata (*Kristal & Cohen, 2000; Norrish et al., 2000*) y el cáncer en el tracto digestivo (*Franceschi et al., 1994*).

Como ya se ha mencionado anteriormente, los tomates son ricos en β -caroteno, y licopeno (*Bramley, 2000; Willcox et al., 2003; Soto-Zamora et al., 2005*), ya que se sabe que existe una gran riqueza de ellos tanto en la piel como en las semillas de los tomates (*Sabio et al., 2003; Topal et al., 2006; Vági et al., 2007*). El licopeno es el carotenoide predominante en tomates (*Hadley et al., 2003*), constituye el 60–74 % de los carotenoides presentes en tomates y productos derivados del tomate (*Clinton, 1998*). Debido a que presenta una larga cadena de dobles enlaces conjugados se ha descrito que posee actividad antioxidante, incluso superior a la luteína y al β -caroteno (*Lin & Chen, 2003*).

Si bien estos dos carotenoides –licopeno y β -caroteno– son los más importantes en la caracterización de los tomates, por cuestiones prácticas tanto de instrumental disponible como económicas, se seleccionó como carotenoide a controlar en los tomates estudiados el **licopeno**.

En general, el contenido de licopeno en el tomate varía significativamente de acuerdo con las distintas variedades de tomate, grado de madurez y condiciones estacionales (*Periago et al., 2001*), así como el modo de cultivo y los tratamientos térmicos recibidos (*Thompson et al., 2000; Martínez-Valverde et al., 2002*).

En relación al contenido de licopeno en el tomate fresco, en la literatura científica aparece una gran variabilidad de datos. *Clinton, (1998)* muestra una concentración de licopeno que oscila entre 8,8 y 42,0 mg/kg tomate, expresados en peso fresco. Valores más altos son descritos en la revisión realizada por *Nguyen & Schwartz, (1999)*, quienes recogen en su trabajo un contenido de licopeno en las variedades comunes de tomate

que oscila entre 31,0 y 77,0 mg/kg de tomate fresco. Otros autores dan valores de 39,2 mg/kg de tomate fresco (*Khachik et al., 1992*), y de 64,6 y 107,0 mg/kg de pulpa de tomate, para los cultivos 92-7136 y CC-164, respectivamente (*Sharma & Le Maguer, 1996*).

En la Tabla 3 se muestra la cantidad de licopeno presente en distintas variedades comerciales de tomate dentro del mercado Español (*Martínez-Valverde et al., 2002*).

Tabla 3. Contenido en licopeno de diferentes variedades de tomate expresado como mg/kg tomate fresco.

<i>Tipo tomate</i>	<i>Licopeno (mg/kg tomate fresco)</i>
Rambo	31,97
Senior	32,24
Ramillote	31,49
Pera	63,37
Canario	49,44
Durina	64,98
Daniela	36,32
Remate	42,96

Además de lo comentado anteriormente, existen factores medioambientales que pueden afectar al contenido de antioxidantes en los tomates. *Raffo et al., (2006)*, muestran resultados que confirman que las altas temperaturas de mediados de verano, en la cuenca del Mediterráneo, puede producir un efecto significativamente negativo sobre la acumulación de licopeno en los tomates variedad cherry, de hecho *Robertson et al., (1995)*, señalaron que la temperatura óptima para la producción de licopeno es de 18–26 °C.

1.3.1.4- Vitamina C

La vitamina más importante que se encuentra en las frutas y hortalizas para el consumo humano, es la **vitamina C**. Más del 90 % de la vitamina C en la dieta humana proviene de las frutas y hortalizas (*Lee & Kader, 2000*). Esta vitamina es uno de los componentes más sensibles de los alimentos y por lo tanto se usa a menudo como un indicador del grado de elaboración de los alimentos, dado que los alimentos bien conservados mantienen o incluso incrementan el porcentaje de retención (*Özkan et al., 2004*).

La vitamina C es una vitamina hidrosoluble derivada del metabolismo de la glucosa. Protege al organismo del daño causado por los radicales libres. Los humanos no podemos sintetizar ácido ascórbico al carecer de la enzima necesaria, por lo que es necesario incluirla en nuestra dieta. Entre los alimentos con niveles altos de vitamina C figuran los tomates, patatas y alguno cítricos como las limas, naranjas y limones. La ingesta dietética de referencia para vitamina C para la población adulta española es de 60 mg/día (*Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética FESNAD, 2010*).

En un estudio realizado en España por *García-Closas et al., (2004)*, acerca de las fuentes de vitamina C, vitamina E y carotenoides en la dieta, se estableció que los tomates son la primera fuente de licopeno (un 71,6 %), la segunda fuente de vitamina C (un 12 %) y la tercera de vitamina E (un 6 %). Aportando también un 14,6 % de carotenoides pro-vitamina A y un 17,2 % de β -caroteno.

El contenido de vitamina C de los tomates puede depender de la temporada, los nutrientes disponibles y el medio ambiente. Los valores medios registrados actualmente oscilan entre 150–230 mg/kg –de la parte comestible cruda del tomate–, por lo que el rango normal es de 84 a 590 mg/kg. Estas variaciones tan grandes pueden ser atribuibles a la intensidad de la luz de unos días antes de la cosecha. También se ha observado que cuanto mayor es el fruto, menor tiende a ser el contenido de vitamina C (*Dumas et al., 2003*).

La maduración del tomate que ocurre a temperaturas relativamente altas, ya sea dentro o fuera de la planta, junto con niveles bajos de intensidad de luz probablemente conduce a una disminución en el contenido de ácido ascórbico debido a la oxidación (*Murneek et al., 1954*). Sin embargo, bajo condiciones de invernadero, las variaciones estacionales en el contenido de vitamina C del tomate oscila entre 70–230 mg/kg fruto fresco, en la etapa madura de color verde y se correlaciona directamente con las variaciones de temperatura (*Liptay et al., 1986*).

1.3.2- Calidad organoléptica del tomate

La **calidad organoléptica** de los tomates está determinada por una serie de atributos externos –que son percibidos por la vista y el tacto–, como puede ser la apariencia física o aspecto (color, tamaño, forma, presencia/ausencia de defectos y deterioro) y que determinan la elección inicial por parte del consumidor. Y una serie de atributos

internos –que son percibidos por el olfato y el gusto– como son el olor, el aroma (olfacción retro nasal), la textura (jugosidad, carnosidad, harinosidad y consistencia) y el sabor (dulzor, acidez, etc.).

La **calidad organoléptica del tomate**, según sus atributos externos, se basa principalmente en la uniformidad de la **forma** –dependiendo de la variedad puede ser redondo, forma globosa, aplanada u ovalada– y el **color** –anaranjado/rojo a rojo intenso o amarillo claro, evitando las manchas– y en la **ausencia de defectos** de crecimiento y manejo. El tamaño no es un factor que defina el grado de calidad, pero puede influir de manera importante en las expectativas de su calidad comercial.

Por otro lado, la calidad organoléptica del tomate, según sus atributos internos, se basa principalmente en:

a. El aroma. La percepción del aroma de tomate viene determinada por la composición y concentración de los compuestos volátiles que estimulan las neuronas olfativas en la cavidad nasal y posteriormente éstas envían una señal al cerebro produciendo una sensación de aroma.

b. La textura. Los atributos texturales más importantes en el tomate son la carnosidad, jugosidad, harinosidad y sobre todo la firmeza. El tomate debe ser firme al tacto, no debe estar suave ni deformarse fácilmente debido a la sobremadurez.

c. El sabor. El sabor del fruto es la mayor demanda del consumidor. Son numerosas las causas que determinan el sabor del tomate, entre las que se pueden destacar el contenido en azúcares, el grado de maduración, la nutrición vegetal, el genotipo y el manejo postcosecha. La intensidad del sabor del fruto está determinada principalmente por el contenido en azúcares –fundamentalmente fructosa y glucosa–, de ácidos orgánicos –cítrico, málico y acidez total– y la presencia de compuestos volátiles. El gusto del consumidor determina que una mayor relación azúcares/acidez genera un efecto favorable en el sabor.

El tomate es un fruto que está compuesto principalmente por agua, con un contenido en sólidos entre el 5–7%, de los cuáles cerca de la mitad son azúcares y una octava parte son ácidos. El contenido de azúcares, ácidos y sus interacciones determinan el sabor del tomate (*Grierson & Kader, 1986*). *Peet, (1996)*, describió el sabor del tomate, basado en la acidez y en el contenido en azúcares, tal y como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Relación entre acidez y azúcares para la descripción del sabor (Peet, 1996).

<i>Sabor</i>	<i>Acidez</i>	<i>Contenido en azúcares</i>
Bueno	Alta	Alto
Agrio	Alta	Bajo
Suave	Baja	Alto
Insípido	Baja	Bajo

Stevens et al., (1977), encontraron que la fructosa y el ácido cítrico eran más importantes, en el dulzor y la acidez, que la glucosa y el ácido málico. Valores de pH inferiores a 4,4 y contenidos de azúcares superiores al 4–4,5 % son necesarios para un buen sabor, aunque varía según cultivares. En condiciones de baja radiación y temperatura, como ocurre en cultivo protegido en invierno, donde los contenidos en materia seca del fruto pueden ser inferiores al 3,5 %, resulta difícil alcanzar esos mínimos de azúcares requeridos para un buen sabor. Con altas temperaturas la acidez del fruto es menor, por lo que desmerece su sabor (*Nuez, 2003*).

1.4- El Tomate. Distribución

1.4.1- Importancia económica y distribución geográfica

Dentro de la amplia gama de hortalizas cultivadas, el tomate sigue siendo la más cultivada en todo el mundo y la de mayor valor económico, debido en parte a su versatilidad y su facilidad para combinarse con una amplia variedad de alimentos. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento y, en menor proporción, al aumento de la superficie cultivada.

Actualmente, el tomate se cultiva en más de cien países tanto para consumo fresco como para su uso en la industria agroalimentaria. Los diez principales productores concentran más del 70 % de la producción mundial, y España ocupa el noveno puesto en la producción mundial de tomate, tal y como se muestra en la Figura 1 (*FAOSTAT, 2011*). En la Figura 1 se observa que el gran productor de tomate, como ocurre con otros cultivos hortícolas, es China, que ha pasado en los últimos 15 años de un 10 % de la producción mundial a cerca del 25 %, y sigue creciendo. Le siguen muy por detrás, India, Estados Unidos, Turquía, Egipto, Irán, Italia, Brasil y España que se sitúa en la

novena posición. Con respecto a la superficie de cultivo, Estados Unidos y España son los países con rendimientos más altos dentro de los principales productores, mientras que China y México tienen los rendimientos más bajos. Esto da una idea del enorme potencial de crecimiento de estos países, especialmente China, en cuanto tecnifique su agricultura a poco que mantengan su superficie.

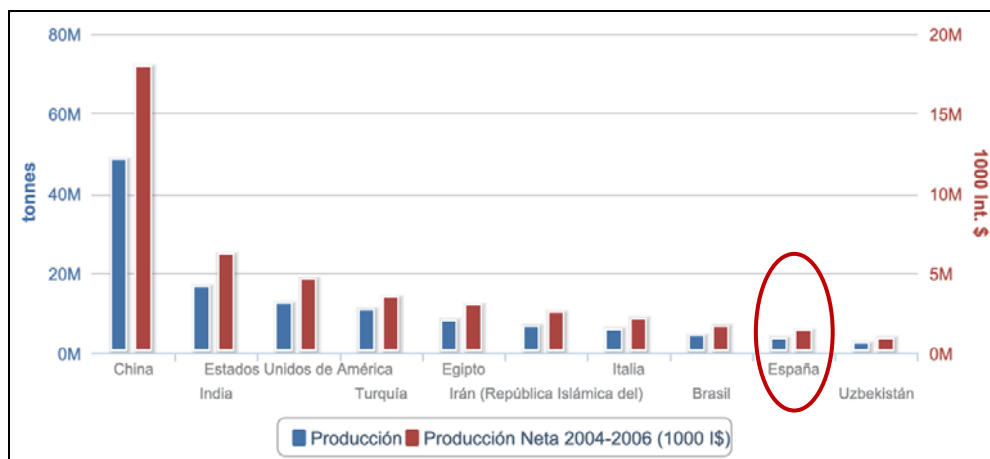


Figura 1. Principales países productores de tomate (FAOSTAT, 2011).

La producción mundial de tomate en el año 2010 fue de 145 mil millones de toneladas (FAOSTAT, 2010) de toneladas. En la Figura 2 se muestra la evolución en la producción mundial de tomate desde el año 2006 al año 2010 (Macua et al., 2011).

TABLA 1 - EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE TOMATE (MILES DE TONELADAS). SE SEÑALA LA PRODUCCIÓN DE LOS PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES EN CADA ZONA.

Zona de Producción	Año				
	2006	2007	2008	2009	2010
Unión Europea					
Italia	4.400	4.600	4.800	5.747	5.080
España	1.580	1.750	1.730	2.700	2.350
Portugal	900	1.030	1.000	1.242	1.280
Región mediterránea					
Turquía	1.450	1.650	2.700	1.800	1.280
Irán	1.800	2.100	1.850	2.400	1.400
Norte América					
California	9.072	10.950	10.720	12.073	11.155
Canada		563	560	495	466
Asia					
China	4.300	4.600	6.400	8.655	6.210
HEMISFERIO NORTE	27.279	30.463	33.191	39.178	33.293
HEMISFERIO SUR					
Brasil	1.160	1.291	1.200	1.150	1.796
Chile	619	670	510	619	708
Argentina	290	340	350	450	390
Tailandia	260	260	260	260	260
HEMISFERIO SUR	3.184	3.339	3.017	3.329	4.106
PRODUCCIÓN MUNDIAL	30.463	33.802	36.208	42.507	37.399

Fuente: Tomate News, 2010

Figura 2. Producción mundial de tomate (2006–2010). Fuente: Tomate News, 2010.

En la Figura 3 se muestra la distribución, expresada en %, de la producción de tomates en los cuatro continentes.

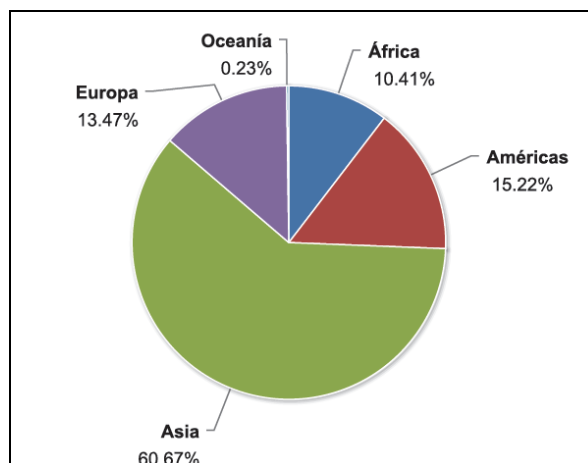


Figura 3. Producción (%) de tomate a nivel mundial según continentes.

En la Tabla 5 se muestra la producción de tomate en Europa, expresada en toneladas (FAOSTAT, 2011).

Tabla 5. Producción de tomate en Europa (Fuente: FAOSTAT 2011).

<i>País</i>	<i>Toneladas tomate</i>	<i>País</i>	<i>Toneladas tomate</i>
Turquía	11.003.400	Bulgaria	103.145
Italia	5.950.220	Eslovaquia	55.154
España	3.821.490	Finlandia	40.163
Grecia	1.169.900	Suiza	41.929
Portugal	1.245.360	Chipre	14.835
Polonia	712.295	Malta	13.953
Rumania	910.978	Irlanda	13.221
Hungría	163.349	Estonia	6.414
Bélgica	218.435		

Tal y como se puede observar en la Tabla 5, Turquía produce una cuarta parte de los tomates europeos, seguida de Italia con un 13 % y de España con un 8 % del total de producción de tomate en Europa. Dentro de la Unión Europea los grandes países productores son Italia (38 %), España (22 %), y bastante por detrás Grecia (10 %). En cuanto a superficie destacan Italia (39 %) y España (18 %) principalmente, y por detrás Rumanía (17 %) y Grecia (9 %). Cabe destacar que tanto Holanda como Bélgica presentan rendimientos de los más altos del mundo (50 kg/m²) debido a su alta producción en invernaderos (Bruna & Pérez, 2009). Los principales importadores de tomate a nivel mundial son Estados Unidos, Alemania, Rusia y Reino Unido.

1.4.1.1- Importancia económica y distribución geográfica en España

El tomate, tal y como se ha comentado anteriormente, es una hortaliza que se consume ampliamente a lo largo del todo el año. En Europa y España se consume una media de entre 27,36–46,05 kg tomate/habitante×año, respectivamente (FAOSTAT, 2011).

La producción española de tomate en el año 2011, según los datos ofrecidos por la FAO (2011), se situó en 3.821.490 toneladas. El tomate es un producto fundamental en el seno de la horticultura Española, que ocupa el 14 % de la superficie del cultivo nacional y aporta el 23 % del valor de la producción del sector. La utilización que se le da al producto obtenido es en un 70 % al consumo en fresco y el 30 % restante se destina a la industria agroalimentaria, siendo un gran porcentaje de ambos exportado a distintos países (MAGRAMA, 2011).

En la Figura 4 se muestra la evolución en la superficie dedicada a cultivo de tomate y en la Figura 5 la evolución en la producción de tomate desde 1999 hasta 2009 en ambos casos (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino–MARM, 2009).

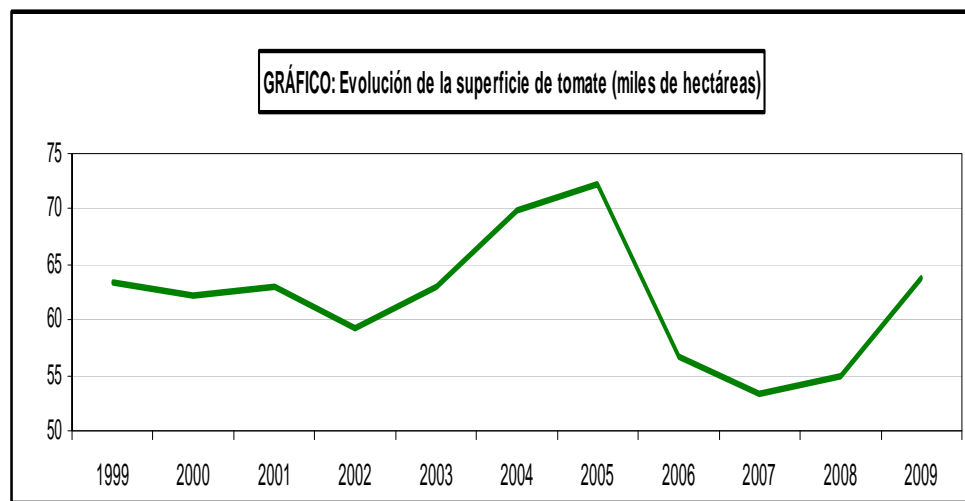


Figura 4. Evolución de la superficie destinada a cultivo de tomate (1999–2009).

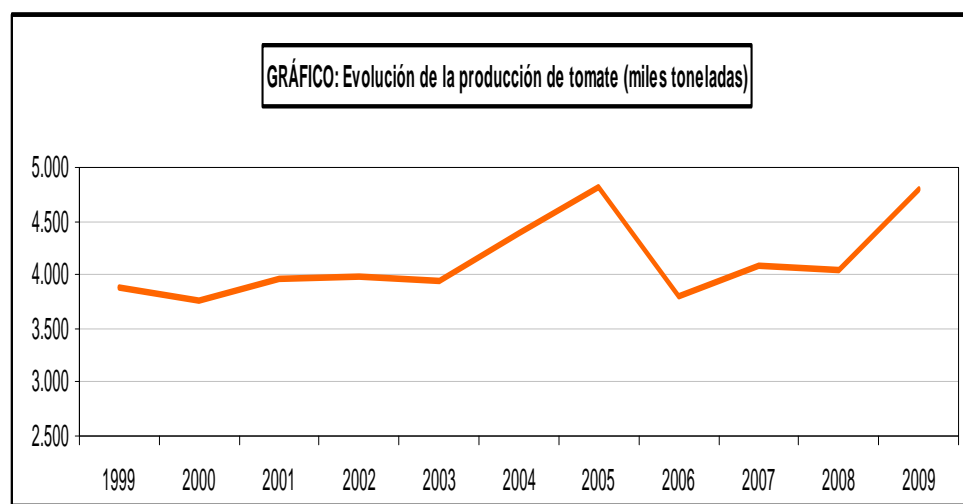


Figura 5. Evolución de la producción de tomate en España (1999–2009).

Según los gráficos del MARM (2009), se observa que en esta última década para una superficie similar cultivada, se ha aumentado el rendimiento (toneladas/hectárea) en un 14 % debido principalmente a los apoyos prestados al sector en el marco de la Política Agraria Común (PAC) y por otra parte, gracias a las ganancias obtenidas por la elevada producción conseguida con un desarrollo tecnológico basado en un proceso de mejora continua de las distintas variedades existentes.

En la Figura 6 se muestra el % de producción de tomate de las principales comunidades autónomas en España.

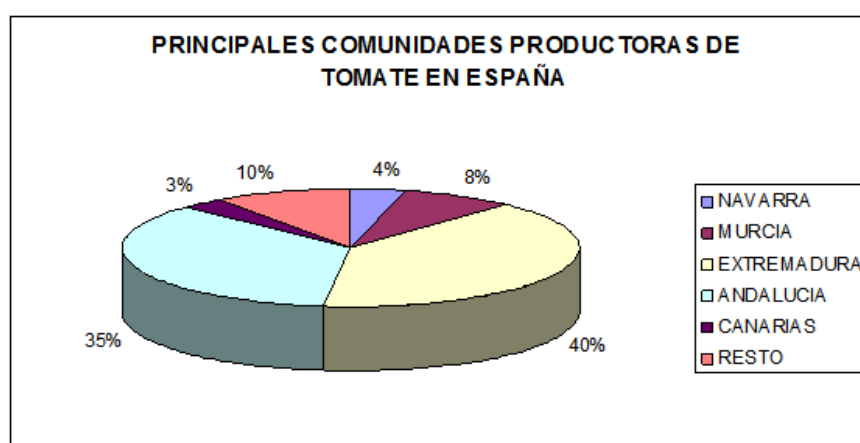


Figura 6. Principales comunidades autónomas españolas productoras de tomate.

En la Tabla 6 se muestran los datos numéricos de la producción de tomate de las principales comunidades autónomas en España (MARM, 2009).

Tabla 6. Producción de tomate, expresado en toneladas, de las principales comunidades autónomas españolas (MARM, 2009).

<i>Comunidad Autónoma</i>	<i>Toneladas tomate</i>
Navarra	182.297
Murcia	392.206
Extremadura	1.917.008
Andalucía	1.688.192
Canarias	157.026
Resto (<i>incluido Aragón</i>)	461.324

Las regiones con mayor grado de producción en España son Andalucía, Murcia, Canarias, Extremadura y la región del Ebro (abarca Navarra, La Rioja y Zaragoza). Cabe destacar que sólo la provincia de Almería representa el 19 % de la producción Española de tomate. Así, las regiones del sureste peninsular, como Valencia, Alicante, Murcia y Almería así como las islas Canarias, son las que más orientadas están a la producción de tomate fresco, mientras que la región del Ebro y Extremadura, están más dedicadas a la producción de tomate para industria agroalimentaria.

En la Figura 7 se muestran los principales alimentos producidos en España en el año 2011, y el tomate ocupa la sexta posición entre los alimentos de mayor producción precedida por la aceituna, la carne de cerdo, la uva, la leche de vaca y la carne de pollo.

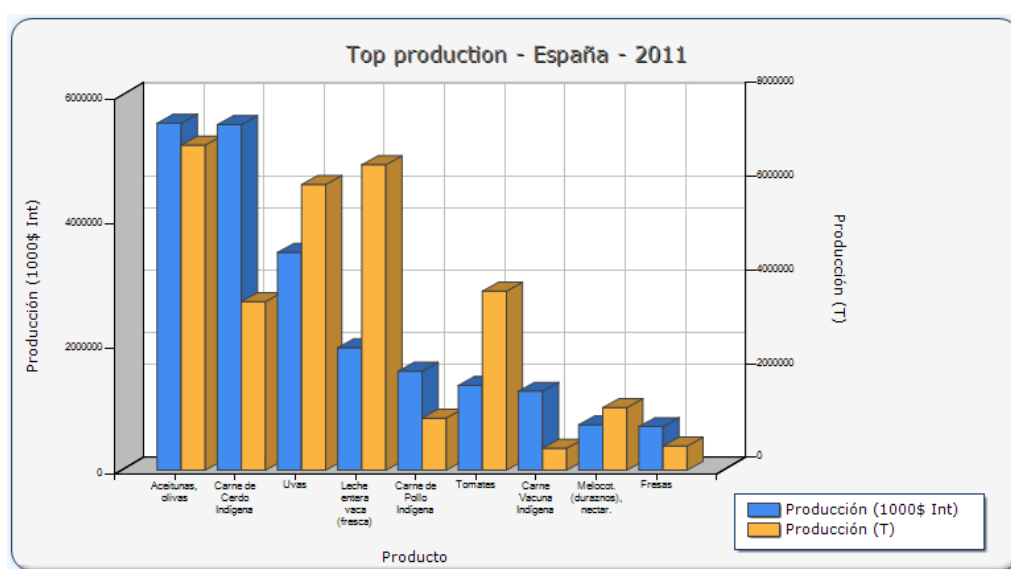


Figura 7. Principales alimentos producidos en España (FAOSTAT, 2011).

En la Figura 8 se muestra la evolución en la exportación e importación de la producción de tomate en el periodo 2000–2010 (FAOSTAT, 2010).



Figura 8. Evolución de la cantidad de tomate exportado e importado en España durante el periodo 2000–2010 (FAOSTAT, 2010).

Según los datos mostrados en la Figura 8, se puede observar que en los últimos años (2008–2009) la producción de tomate ha disminuido y por el contrario, se ha aumentado la cantidad de tomate importado. Esto puede ser debido a la importación de tomates de origen marroquí, ya que incumplen el precio fijado de entrada a nuestro país, produciendo graves daños a los productores españoles y hundiendo los precios de las hortalizas, lo que amenaza la viabilidad de este cultivo (www.abc.es 14/11/2012).

La comparativa con respecto al resto de hortalizas más importantes a nivel de producción española puede verse reflejada en la Tabla 7 (MARM, 2010).

Tabla 7. Producción española de las principales hortalizas, expresada en miles de toneladas (MARM, 2010).

PRODUCCIONES ESPAÑOLAS DE LAS PRINCIPALES HORTALIZAS (MILES DE TONELADAS)				
PRODUCTO	2007	2008	2009	2010*
PATATAS	2.518	2.145	2.196	2.269
TOMATES FRESCO	3.664	4.050	4.767	4.384
LECHUGAS	1.108	889	857	833
PIMIENTOS	1.064	918	934	920
ALCACHOFAS	213	203	192	174,6
COLIFLORES	450	433	425	168
AJOS	152	137	154	132,7
CEBOLLAS	1.184	1.063	1.262	1.099,8
JUDÍAS VERDES	220	187,7	191,5	155,2
GUISANTES VERDES	74	86	92,6	76,3
HABAS VERDES	68	68	77	71,1
COLES	240	248	200	231,6
* Estimación. FUENTE: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.				

1.4.1.2- Importancia económica y distribución geográfica en Aragón

La producción de tomate en Aragón en el año 2010, según datos estadísticos del Gobierno de Aragón, fue de 72.820 toneladas, de las cuales más del 85 % fue destinada para la transformación en industria agroalimentaria (Figura 9). La superficie total destinada a este cultivo ascendió a 956 hectáreas.

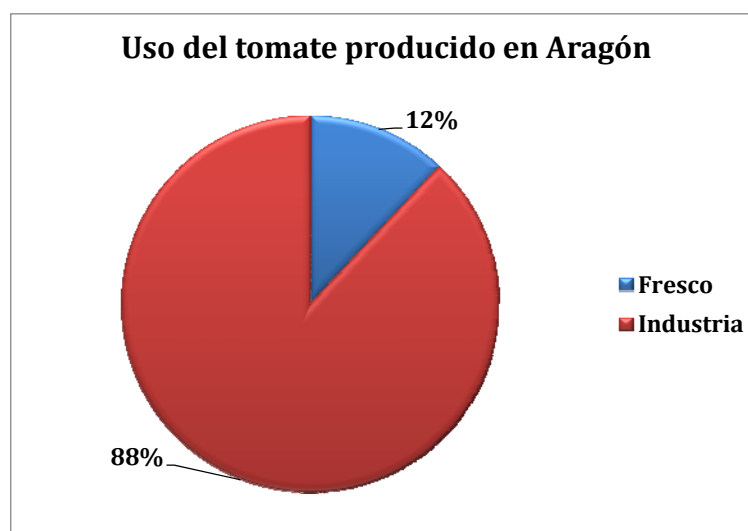


Figura 9. *Uso del tomate producido en Aragón (Gobierno de Aragón, 2010).*

En la Tabla 8 se muestra la evolución en la producción y superficie cultivada de tomate en Aragón (*Estadísticas, Gobierno de Aragón, 2011*).

Tabla 8. *Producción y superficie cultivada en las provincias de Huesca, Zaragoza y Teruel desde el año 2006 al 2010.*

Producción (Toneladas)			
Año	Huesca	Zaragoza	Teruel
2006	219	124.040	800
2007	750	84.000	550
2008	660	56.000	300
2009	1.264	75.684	420
2010	1.200	69.718	1.900
Superficie (Hectáreas)			
Año	Huesca	Zaragoza	Teruel
2006	3	1.772	3
2007	10	1.200	5
2008	16	800	4
2009	16	1.037	4
2010	16	850	38

En la Figura 10 se muestra la evolución de la producción de tomate en la comunidad autónoma de Aragón en los últimos 5 años.

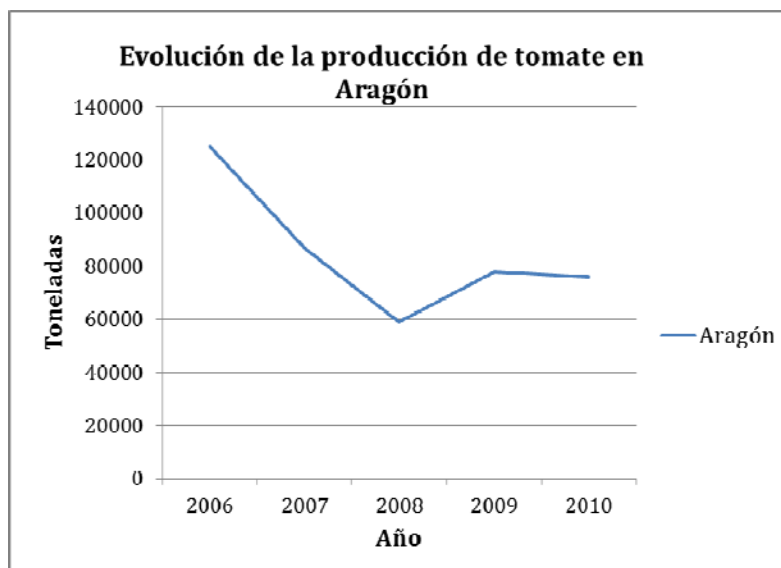


Figura 10. Evolución producción tomate en Aragón (2006-2010).

En la Figura 10 se puede observar que existe una tendencia a la baja en la producción de tomate en Aragón debido a la disminución de la superficie destinada a este cultivo con respecto a años anteriores. Más del 90 % de la producción aragonesa de tomate se concentra en la provincia de Zaragoza, la mayor parte destinada al tomate de industria. Los dos sistemas de cultivo en Aragón son principalmente: (a) *aire libre*: plantaciones a partir del 15 de abril y (b) *invernadero*: mediante este sistema se pueden adelantar las plantaciones hasta la primera quincena de febrero

1.4.2- Principales tipos de tomates que se consumen en España

El tomate es una de las hortalizas con una mayor colección de germoplasma según la *FAO–WIEWS (2002)*. En España los principales tipos de tomate fresco con mayor comercialización según *Mercasa (2009)* son, en orden alfabético:

1. Tomate canario o liso: redondo y liso, de tamaño medio con piel fina y tonos rojizos/verdosos. Presenta una carne dura de buen sabor y se caracteriza al igual que el tomate en rama por su resistencia al transporte y conservación (Figura 11).



Figura 11. *Tomate canario o tomate liso* (<http://www.infoagro.com>).

2. Tomate cherry o cereza: caracterizado principalmente por su pequeño tamaño y su redondez. Presenta un color rojo intenso al madurar con textura firme, dulce y sabor intenso y afrutado (Figura 12).



Figura 12. *Tomate cherry o cereza* (<http://www.infoagro.com>).

3. Tomate Daniela/Long life: redondo uniforme de buen tamaño, caracterizado por una piel gruesa y áspera. Su color es rojo brillante o anaranjado en la madurez y posee buena consistencia de carne y alta acidez (Figura 13).



Figura 13. *Tomate Daniela/Long life* (<http://www.infoagro.com>).

4. Tomate pera: como su nombre indica, se trata de un tomate con forma de pera, liso y de tamaño mediano. Su piel es dura, de color rojo brillante y se caracteriza por ser carnoso y de sabor dulce. Además de ser uno de los tomates con mayor consumo en fresco, se trata de un tomate ideal para la realización de conservas (Figura 14).



Figura 14. Tomate pera (<http://www.infoagro.com>).

5. Tomate raf: presenta una forma irregular y poco uniforme, con aspecto achatado y arriñonado. Su piel es fina, de color verde oscuro con mayor o menor intensidad dependiendo de la categoría. A nivel interno, la carne es compacta y aporta un sabor dulce debido a su baja acidez. Se trata de un tomate de alta calidad y precio elevado, debido a su bajo rendimiento de producción (Figura 15).



Figura 15. Tomate raf (<http://www.infoagro.com>).

6. Tomate rama: caracterizado por su aspecto liso, tamaño medio/pequeño y forma redondeada. El color externo es de un rojo vivo y posee gran sabor y textura, aportando ciertos tonos agridulces. Su penetración en el mercado se encuentra en auge y destaca por su alta resistencia a la manipulación, conservación y transporte.

El actual modelo agrario ha producido una gran uniformidad en la variedad de las especies cultivadas, una disminución de la diversidad biológica y una erosión genética

de las variedades de cultivo tradicional, las cuales han sido sustituidas por nuevas variedades comerciales obtenidas por grandes multinacionales de la semilla. Estas últimas, generalmente híbridas, tienen un gran potencial productivo cuando se cultivan en condiciones de altos insumos –fertilizantes y pesticidas–, una disminución de la rusticidad frente a determinadas características climáticas o frente a patógenos y, lo que es muy importante, una imposibilidad de multiplicación por parte del agricultor.

Según estimaciones de la FAO, unas 50.000 variedades de interés para el sector agrario se pierden cada año en el mundo. La denominada *mejora tecnológica* ha traído consigo la desaparición desde principios de siglo hasta ahora del 75 % de la diversidad genética de los cultivos más importantes (*García, 1998*).

La situación es preocupante, en horticultura se han perdido muchísimas variedades locales por falta de uso, desplazadas por nuevas selecciones más productivas. Mientras que otras se mantienen arrinconadas y necesitadas de un proceso de tipificación, selección y mejora para que vuelvan a mostrar sus características peculiares, y sean devueltas al proceso productivo comercial.

Desaparecen las variedades tradicionales con su enorme riqueza de variabilidad, adaptación y resistencia o tolerancia a plagas y enfermedades, es decir, se elimina para siempre y de forma irreversible toda la diversidad genética que ellas contenían. Esto genera la necesidad de conocer y conservar la biodiversidad que nos rodea y que puede llegar a alcanzar gran interés en un futuro próximo (*Castell Roig, 1998*).

Actualmente, el mercado Español de tomate se abastece en la mayoría de los casos de variedades híbridas, cuya mejora se ha centrado tradicionalmente en la obtención de variedades más productivas, con mejor aptitud para la conservación y manipulación, ignorando con frecuencia la calidad organoléptica del producto. Con este planteamiento, se han conseguido variedades de tomate más uniformes, resistentes a plagas y enfermedades y con frutos vistosos y duraderos en el tiempo, pero insípidos en muchas ocasiones. Esta tendencia parece estar cambiando, y **el consumidor está demandando tomates con mejor sabor, entre los que se incluyen muchas variedades que tradicionalmente se han venido consumiendo y que están en riesgo de desaparición por no acomodarse a las exigencias de producción del mercado** (*Bruna et al., 2012*).

En este contexto, en la provincia de Huesca, principalmente en Barbastro, se cuenta con una variedad de tomate, el **TOMATE ROSA de Barbastro**, que ha sido desde

siempre un producto muy apreciado por todos los habitantes de esta zona. Este tomate es muy valorado por sus cualidades organolépticas, y proviene de tomates de variedades locales conservados por los agricultores, los cuales al estar adaptados a las condiciones agroclimáticas de la zona y a los gustos locales permiten obtener un producto muy valorado por el consumidor.

1.5- El tomate rosa de Barbastro

El **tomate rosa** de Barbastro es un fruto grande, con una piel fina de color rosado, aromático, carnoso, compacto, dulzón, con poca acidez y escasas semillas (Figura 16). No es un producto que se adquiera por su apariencia externa –puede considerarse un tomate con aspecto “feo”–, pero su gran aceptación en el mercado se debe a su interior, dado el sabor y la textura tan característicos, con un predominio del dulzor sobre la acidez. Carravedo, (2006), lo cataloga de producto con enorme calidad.



Figura 16. *Tomate rosa del Somontano (www.cooperativabarbastro.com).*

Este sabor dulzón se debe al proceso agronómico al que se somete. Únicamente se abona con estiércol natural, se cosecha cuando se encuentra a punto de madurar y la recolección –durante los meses de verano– es muy cuidadosa, nunca pasa por una cámara frigorífica antes de su venta.

El tomate rosa de Barbastro supone una de las riquezas agrícolas mayores de esta comarca, y su producción en crecimiento durante los últimos años, está impulsando la economía agraria de la zona (Figura 17).

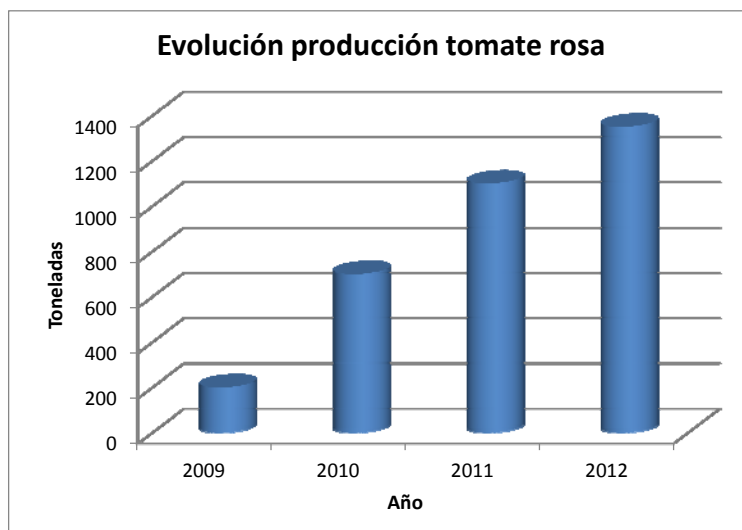


Figura 17. Evolución en la producción de tomate rosa de 2009 a 2012.

(<http://www.aragondigital.es/noticia.asp?notid=98371&secid=31>)

Tal y como puede observarse en la figura anterior, el aumento de la producción de tomate rosa de Barbastro en la provincia de Huesca en el año 2012 se ha incrementado en seis veces con respecto a la obtenida en el año 2009. La previsión para la campaña 2013 contempla un aumento del 15 % de superficie cultivada con respecto al año 2012. Actualmente, con el apoyo de la Asociación de Hortelanos Tradicionales y Amigos de la Huerta del Alto Aragón este tipo de tomate busca el reconocimiento bajo la denominación *C'alia* que el Gobierno de Aragón otorga a los productos agroalimentarios por su reconocida calidad. La consecución de esta distinción va a permitir una importante implantación del cultivo y una salida comercial solvente, con la repercusión económica que esto conlleva para la zona y la mejora del nivel de renta para hortelanos y agricultores, tal y como sucede con el Melocotón de Calanda, la Cebolla Fuentes de Ebro o la Borraja de Zaragoza.

El tomate rosa de Barbastro coexiste en el mercado con muchos tipos de tomate rojo que a simple vista, se diferencian rápidamente por su forma, color, tamaño y peso. Pero, además de estas propiedades perceptibles, es bien conocido que los tomates rosas de Barbastro resultan mucho más dulces y sabrosos que otros tipos de tomate rojo. El sabor dulce de este tipo de tomate que lo hace único, se debe a su proceso de cultivo característico. La mayoría de los tomates que se encuentran en los supermercados, se recogen verdes y después se estimulan artificialmente con gas etileno para conseguir su color rojo, por lo que tienen poco aroma y sabor (Mikkelsen, 2005).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, y considerando el proceso agronómico tan cuidado al que es sometido el tomate rosa de Barbastro es de suponer que, además del sabor dulce que distingue a este tomate de otras variedades, también presente diferencias en su composición nutricional. Esto **justifica llevar a cabo un estudio que permita establecer y cuantificar los parámetros nutricionales y organolépticos que diferencian al Tomate Rosa de Barbastro cultivado en la zona de Barbastro y alrededores, de otros tipos de consumo habitual en esta zona**, como son el tomate rama y pera, que se pueden encontrar fácilmente en los lineales de cualquier supermercado de nuestra comunidad.

Experimental

2- Experimental

2.1- Material de laboratorio

2.1.1- Equipos de laboratorio

En el desarrollo de este proyecto fin de carrera, además del material básico de laboratorio, como son las pipetas, probetas, matraces aforados, vasos de precipitado, tubos de ensayo y buretas, se utilizaron los siguientes equipos e instrumentos de laboratorio:

- Campana extractora. Industrias Altea S. A. VG-150. Laboratorio 3, Dpto. Química Analítica, Edificio Loreto, EPSH.
- Espectrofotómetro de absorción molecular. Unicam UV/Vis Spectrometer UV2. Laboratorio 3, Dpto. Química Analítica, Edificio Loreto, EPSH.
- Cromatógrafo HPL. Hewlett Packard Serie 1050 con detector UV/Vis.
- Balanza analítica. Sartorius CP 224S. Laboratorio 2, Dpto. Química Analítica, Edificio Loreto, EPSH.
- Placa calefactora/agitadora. Modelo COBOS/HS 100. Laboratorio 3, Dpto. Química Analítica, Edificio Loreto, EPSH.
- Refractómetro. Optic Ivymen System ABBE Refractometer. Laboratorio 7, Dpto. Ingeniería del Medio Ambiente, Edificio Loreto, EPSH.
- Centrifuga
- Arcón congelador. Modelo EDESA. Laboratorio 2, Dpto. Química Analítica, Edificio Loreto, EPSH.
- Refrigerador. ZANUSSI Tropic System ZFC-395-R. Laboratorio 2, Dpto. Química Analítica, Edificio Loreto, EPSH.
- Núcleos agitadores.
- Batidora
- Pipeteador
- Cúter
- Tela metálica para el colado

2.1.2- Reactivos y disoluciones

2.1.2.1- Reactivos

En el desarrollo de este proyecto fin de carrera se utilizaron los siguientes reactivos:

- Hidróxido sódico (NaOH)
- Ftalato ácido de potasio ($\text{C}_8\text{H}_5\text{KO}_4$)
- Fenolftaleína
- Ácido metafosfórico H_3PO_4
- Ácido acético (CH_3COOH)
- Acetona $\text{CH}_3(\text{CO})\text{CH}_3$
- Etanol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
- Hexano $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$
- DL–ditiotreitól ($\text{HSCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{SH}$)
- 2,6–di–tert–butil–4–metilfenol (BHT) ($[(\text{CH}_3)_3\text{C}]_2\text{C}_6\text{H}_2(\text{CH}_3)\text{OH}$)

2.1.2.2- Disoluciones

En el desarrollo de este proyecto fin de carrera se prepararon las siguientes disoluciones.

Estandarización disolución hidróxido sódico (NaOH)

En las valoraciones ácido/base se emplean ácidos fuertes –caso del HCl– y bases fuertes –caso del NaOH– como agentes valorantes. Las disoluciones de dichos agentes valorantes deben ser estandarizadas antes de su empleo, es decir, su concentración debe ser medida experimentalmente frente a una sustancia que actúa como patrón primario. Esto es necesario, porque dichas sustancias no son completamente puras, y pueden sufrir alteraciones en el proceso de disolución, o durante el tiempo transcurrido.

El hidróxido sódico sólido comercial no es de gran pureza y puede tener restos de carbonato de sodio. Al no ser un patrón primario, es necesario estandarizarlo para conocer exactamente su concentración, y puede llevarse a cabo mediante una estandarización con ftalato ácido de potasio, que sí es un patrón primario y usando fenolftaleína como indicador.

Para estandarizar el hidróxido sódico necesario para la valoración ácido/base de la determinación de acidez del tomate, se siguieron las pautas del siguiente procedimiento experimental que se describe a continuación.

Se preparó 1 L de una disolución de NaOH de concentración aproximada 0,1 M. A partir de ella se prepararon distintas disoluciones de 500 mL de NaOH 0,01 M, que se sometieron a estandarización. Para ello:

Se pesó exactamente una muestra de 0,0204 g ($\pm 0,005$ g) de ftalato ácido de potasio y se pasó a un erlenmeyer de 250 mL. Se adicionaron 20 mL de agua destilada al erlenmeyer, para disolver por completo el reactivo, y posteriormente se agregaron 5 gotas del indicador fenolftaleína. Se llenó una bureta con la solución de NaOH a estandarizar y se valoró la solución de ftalato ácido de potasio con la solución de NaOH. Se registró el punto donde se observó un cambio de color persistente del indicador. La estandarización se llevó a cabo por triplicado.

Disolución de ácido metafosfórico y ácido acético

Se prepararon 250 mL de disolución de ácido metafosfórico (3 %) y ácido acético (8 %). Para ello se pesaron en balanza analítica 7,5 g de ácido metafosfórico y se le adicionaron 20 mL de ácido acético glacial, a continuación se enrasó en un matraz aforado con agua destilada hasta un volumen de 250 mL.

Disolución acetona estabilizada con BHT

Se prepararon 100 mL de acetona estabilizada con BHT al 0,05 %. Se pesaron en balanza analítica 0,05 g de BHT y se adicionó acetona en un matraz aforado hasta alcanzar un volumen de 100 mL.

Disolución DL–ditiotreitól

Se preparó una disolución de DL–ditiotreitól en una concentración de 20 mg/L. Se pesó en balanza analítica 1 g de DL–ditiotreitól y se adicionó agua destilada en un matraz aforado hasta un volumen de 50 mL.

2.2- Muestras de tomates seleccionados para el estudio

Para la optimización de los métodos analíticos para la determinación de los parámetros de calidad nutricional seleccionados en este proyecto: **sólidos solubles totales** (SST), **acidez**, **vitamina C** y **licopeno** se eligió el **tomate rama**, por su gran disponibilidad en el mercado y su bajo precio.




Posteriormente, para realizar el estudio comparativo entre la calidad nutricional y organoléptica de los diferentes tomates vendidos en el mercado altoaragonés, se eligieron el **tomate rama** antes mencionado y el **tomate pera**, por su alto consumo en nuestra provincia y su buena aceptación por parte del consumidor por su sabor y precio, y a su vez por el agricultor por ser plantas de alta productividad (<http://www.ideal.es/almeria/v/20120628/almeria/agricultores-apuestan-tomate-variedades-20120628.html>).

Según *Mercasa*, (2009), el 20 % del tomate consumido en España es de tipo rama y un 7 % de tipo pera, aunque existen otros tipos como el Daniela/Long life, el tomate rambo y el tomate canario que son ampliamente consumidos en España, pero en menor medida en Aragón.

Para conocer las propiedades nutricionales y organolépticas del tomate rosa, se eligió el **tomate rosa** variedad rosa de Barbastro, que se encuentran en el mercado de la capital oscense.

En la Tabla 9 se muestra una breve descripción de los tomates seleccionados y analizados en este estudio.

Tabla 9. Descripción tomates seleccionados para este trabajo fin de carrera.

Tomate rama	Presentación en ramillete Piel de grosor medio Jugoso, carnoso, bueno para untar Tamaño pequeño y mediano Forma redonda Buena capacidad de almacenamiento	
Tomate pera	Sabor suave Piel fina y regular Forma alargada Color rojo intenso Carne dura y consistente Para secado y conserva	
Tomate rosa	Sabor dulce e intenso Piel fina, presenta grietas Color rosado Forma redondeada aplastada y acostillado Jugoso, carnoso Tamaño mediano y grande	

2.2.1- Muestras de tomate y preparación

Los tomates utilizados para la optimización de las metodologías analíticas para la determinación de los parámetros nutricionales se adquirieron en varios establecimientos –fruterías, verdulerías, grandes superficies, etc.– de la ciudad de Huesca. En cada compra de muestra y mediante inspección visual, se seleccionaron tomates con un estado de madurez y calibre aparentemente similar. Nunca se seleccionaron tomates con lesiones físicas o patológicas. Se compraron un mínimo de cuatro tomates.

Para el análisis de los parámetros nutricionales sobre los tipos de tomate seleccionados en este trabajo, la obtención de la muestra en el mercado se llevó a cabo en diferentes tipos de establecimientos. En el caso del tomate rosa de Barbastro se

compraron las muestras en fruterías y verdulerías, y para el tomate rama y tomate pera se compraron en fruterías, verdulerías y grandes superficies. En cada compra de muestra y mediante inspección visual, se seleccionaron tomates con un estado de madurez y calibre aparentemente similar. Nunca se seleccionaron tomates con lesiones físicas o patológicas. Se compraron un mínimo de cuatro tomates de cada clase, cada uno de ellos adquiridos en un establecimiento diferente, con objeto de obtener una muestra a analizar representativa del tomate que se consume y por tanto se compra en la ciudad de Huesca.

2.3- Metodología analítica

En este proyecto fin de carrera se ha realizado una búsqueda bibliográfica para determinar cuales son los métodos analíticos que se utilizan para analizar parámetros de calidad nutricional en frutas y verduras.

De acuerdo a esta búsqueda bibliográfica y a los recursos disponibles del laboratorio, se han puesto a punto diferentes **métodos analíticos para analizar los parámetros de calidad nutricional en el tomate**, y se ha seleccionado el procedimiento más adecuado por la rápida preparación de la muestra o la menor complejidad en su desarrollo.

Para llevar a cabo la optimización de los métodos de análisis propuestos en este apartado, se han seleccionado tomates de diámetro y peso similar, y adquiridos en el mismo supermercado (misma procedencia), para evitar que influyan en los resultados obtenidos otros parámetros diferentes al que en cada uno de los protocolos se estudia.

2.3.1- Determinación de sólidos solubles totales (SST)

Los dos métodos más comunes para la determinación de sólidos solubles (SST) en alimentos son la **Refractometría** y la **Areometría**.

2.3.1.1- Refractometría

La refractometría se basa en los cambios del índice de refracción que sufre una sustancia cuando otra es disuelta en ella. En el caso de las frutas, el índice de refracción será mayor cuanto mayor sea la cantidad de azúcar presente en ella.

El instrumento más utilizado para medir el contenido de azúcar en una matriz alimentaria es el refractómetro. Está formado por un tubo con un prisma en su interior

que dirige el rayo de luz incidente hacia una escala observable en un ocular. Al colocar una muestra líquida sobre el prisma, con dos o tres gotas es suficiente, ésta ocasiona una desviación proporcional a la cantidad de sólidos disueltos. Esta desviación es leída en la escala como porcentaje de azúcar, conocida también como **grados Brix** ($^{\circ}$ Brix).

En la Figura 18 se muestra un refractómetro, así como un dibujo donde se muestra cómo debe colocarse la muestra líquida en el mismo.

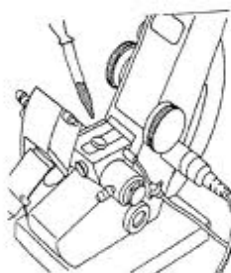


Figura 3



Figura 4

Figura 18. Refractómetro digital de ABBE “WYA.1S” y modo de introducción de la muestra y lectura.

La revisión bibliográfica realizada pone de manifiesto que la refractometría es la técnica más utilizada para determinar sólidos solubles totales (SST) en frutas y verduras (Azodanlou *et al.*, 2003; Candelas *et al.*, 2006; Sánchez–Moreno *et al.*, 2006; Pedro & Ferreira, 2007; Cabanillas, 2010).

2.3.1.2- Aerometría

Consiste en la medición de los cambios de densidad que sufre una sustancia cuando otra es disuelta en ella. Al igual que para la refractometría, en los jugos de frutas se considera que el azúcar es el producto más importante en la modificación de esta propiedad. El instrumento empleado en esta medición es el areómetro, también llamado densímetro o hidrómetro. Éste consiste en un tubo de vidrio con un contrapeso en uno de sus extremos y una escala graduada en el otro. Al ser sumergido en la muestra, el hidrómetro flota más o menos según la densidad del líquido. A mayor densidad, mayor empuje que se puede leer en la escala. La lectura se realiza en el punto donde la superficie del líquido corta la escala, dada generalmente como porcentaje de azúcar o

grados Brix (° Brix). La escala viene expresada en grados Baumé, equivalentes aproximadamente a la mitad de los grados Brix.

En la Figura 19 se muestran varios tipos de hidrómetros que se pueden utilizar en zumos de frutas.



Figura 19. Diferentes tipos de hidrómetros.

En este proyecto fin de carrera, se seleccionó la **refractometría** para realizar los análisis de sólidos solubles totales en las muestras de tomates seleccionadas.

Dado que para realizar la medición de los SST por refractometría se hace necesario partir de una muestra líquida, en este proyecto se prepararon alícuotas líquidas, de los tomates a analizar, siguiendo diferentes protocolos de trabajo, con el fin de seleccionar aquel que permitiera obtener resultados válidos y en el menor tiempo posible, tal y como se verá con detenimiento en el apartado de Resultados.

2.3.2- Determinación de la acidez

Generalmente, la acidez total de un fruto se determina por valoración o volumetría ácido/base, utilizando fenolftaleína como indicador (Azodanlou *et al.*, 2003; Pedro & Ferreira, 2007). Una **volumetría ácido/base** es un conjunto de operaciones que se realizan en un laboratorio para determinar la concentración de un ácido o una base en una disolución a partir de otra disolución de una base o un ácido de concentración conocida y un indicador ácido/base.

Normalmente, este procedimiento se lleva a cabo mediante la adición controlada del reactivo de concentración conocida, denominado agente valorante, a la solución problema hasta que se determina que la reacción se ha completado. Este punto se conoce como el punto de equivalencia, y se estima mediante la observación de un cambio físico, en este caso, el cambio de color de un indicador en la solución que depende del pH del medio. Para llevar a cabo una volumetría ácido/base, se sigue el protocolo de análisis que se describe a continuación.

Añadir a un erlenmeyer un volumen preciso de la disolución a analizar y una pequeña cantidad de indicador. Colocar el erlenmeyer debajo de una bureta que contenga el agente valorante estandarizado. Añadir cuidadosamente el agente valorante a la disolución problema hasta que se detecte un cambio de color en la misma, punto en el que el indicador vira. Leer en la escala de la bureta el volumen de agente valorante añadido. Calcular el número de moles de la sustancia a analizar presentes en la muestra, a partir de la concentración y el volumen añadido de agente valorante, para conocer la concentración de la disolución a estandarizar.

En este trabajo se determinó la acidez de los tomates analizados mediante una volumetría ácido/base con una disolución de NaOH 0,01M estandarizada previamente según se describe en el apartado 2.1.2.

La **acidez** se expresa en gramos de ácido cítrico por 100 g de tomate y se calcula según la siguiente fórmula:

$$\text{acidez (g ácido cítrico/100 g tomate)} = \frac{192,12 \times V_{\text{NaOH}} \times M_{\text{NaOH}}}{30 \times V_{\text{tomate}}}$$

Siendo V_{NaOH} el volumen de NaOH, expresado en L, consumido en la valoración del zumo de tomate, M_{NaOH} la molaridad de la disolución de NaOH previamente estandarizada y V_{zumo} la cantidad de zumo de tomate analizado, expresada en L.

Asimismo, el **índice de madurez** de los frutos se determina mediante la fórmula propuesta por Navez *et al.*, (1999) y Nielsen (2003) a partir de los valores de sólidos solubles totales y acidez total.

$$\text{índice de madurez} = \frac{\text{SST}}{\text{acidez total}}$$

Al igual que en el caso de la determinación de los sólidos solubles totales, para realizar la determinación de la acidez se hace necesario partir de una muestra líquida, en este trabajo se prepararon las alícuotas líquidas de los tomates a analizar siguiendo diferentes protocolos de trabajo, con el fin de seleccionar aquel que permitiera obtener resultados válidos y en el menor tiempo posible.

2.3.3- Determinación del contenido en licopeno

Actualmente, según bibliografía consultada, los métodos analíticos más utilizados para la determinación del contenido en licopeno en muestras de tomates o frutos similares, son la **Cromatografía líquida de alta resolución**, denominada **HPLC** y la **Espectroscopia de absorción molecular en el UV/Vis**.

2.3.3.1- Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) para la determinación de licopeno

La Cromatografía es una técnica de separación de compuestos. Puede ser definida como una técnica instrumental que separa una mezcla de solutos en función de la velocidad de desplazamiento diferencial de los mismos, que se establece al ser arrastrados por una fase móvil –líquida o gaseosa– a través de un lecho cromatográfico que contiene la fase estacionaria –sólida o líquida–. Es decir, la cromatografía es un movimiento relativo de fases, donde la que se mueve y que además es la que lleva la muestra es la denominada fase móvil, según su naturaleza se hablará de un tipo u otro de cromatografía, mientras que la que permanece inmóvil y es sobre la cual circula la fase móvil es la fase estacionaria.

Existen diferentes mecanismo de interacción entre la fase estacionaria y la fase móvil: reparto, adsorción o intercambio iónico, así como diferentes formas de disponer la fase estacionaria: en columna empaquetada o capilar, en capa fina o en papel, que permiten una posible clasificación de los métodos cromatográficos. Una clasificación muy aceptada y extendida de las técnicas cromatográficas es la que atiende a la naturaleza de la fase móvil y de la fase estacionaria:

a. Naturaleza de la fase móvil: se distingue entre Cromatografía de gases (GC) si la fase móvil es un gas (inerte) o Cromatografía de líquidos (HPLC) cuando la fase móvil es un líquido. Ambas instrumentaciones utilizan la fase estacionaria dentro de una columna e incluyen el correspondiente sistema de detección.

b. Naturaleza de la fase estacionaria: se distingue la cromatografía de adsorción, de intercambio iónico, de exclusión o de afinidad cuando la fase estacionaria es un sólido, y cromatografía de reparto cuando la fase estacionaria es un líquido (Skoog & West, 2000).

HPLC son las siglas de High Performance Liquid Chromatography, en español Cromatografía Líquida de Alta Resolución. Se trata de una cromatografía líquida en columna que trabaja a altas presiones, por lo que se logra una alta resolución. En la Figura 20 se muestra un esquema de los componentes principales de un sistema HPLC.

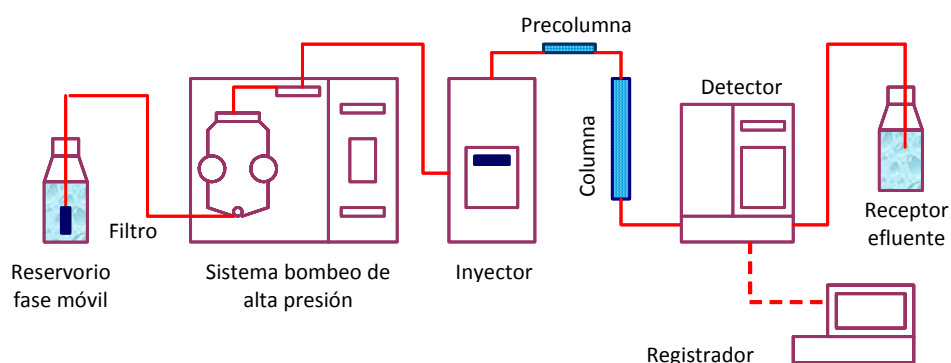


Figura 20.. Esquema de un sistema de cromatografía líquida HPLC.

En HPLC las columnas cromatográficas que se emplean tienen una longitud comprendida entre 10–30 cm, con diámetros internos entre los 4–10 mm. El relleno de la columna suele ser un empaquetado de sílice o alúmina, el cual se recubre con una fina película orgánica que se une física o químicamente a su superficie, y es la que confiere las diferentes afinidades por un tipo de compuestos u otros. En este tipo de cromatografía la retención de los analitos va a ser función de la interacción que establezcan tanto con la fase móvil como con la fase estacionaria, según los diferentes modos cromatográficos, tal y como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Resumen modos cromatográficos en HPLC.

Modo	Fase estacionaria	Fase móvil	Principio de separación	Especies químicas
Fase normal	Sólido polar	Apolar	Solubilidad /Adsorción	Moléculas neutras discretas
Fase reversa	Sólido/líquido apolar	Polar	Solubilidad /Adsorción	Moléculas neutras discretas
Intercambio iónico	Sólido intercambiador	Acuosalino (con iones)	Polarizabilidad	Especies iónicas
Exclusión molecular	Sólido poroso	Líquido	Tamaño molecular	Moléculas neutras poliméricas
Afinidad	Sólido con centros específicos	Líquido acuoso	Interacción enzima/sustrato	Especies bioquímicas activas

Las columnas cromatográficas pueden ser clasificadas según la Tabla 10 en:

- Fase normal (polares): donde la fase estacionaria es un sólido adsorbente de características polares y la fase móvil es un medio orgánico o poco polar. El principio de retención es la adsorción de las moléculas sobre la superficie polar del sólido.
- Fase reversa (apolar): en este caso la fase estacionaria es apolar (C₁₈, C₈, etc.) y la fase móvil es más polar que ella. El principio de retención es consecuencia de la solubilidad relativa de los distintos componentes de la muestra en la fase estacionaria y en la fase móvil, por lo que se trata de un equilibrio de reparto, en una fase u otra, según constitución de la molécula.

La única condición que debe cumplir el analito que se quiera analizar por HPLC es que sea soluble en un disolvente compatible con la fase móvil. Prácticamente todas las especies químicas pueden analizarse por esta técnica.

En la bibliografía consultada, se puede encontrar un gran número de referencias bibliográficas en las que se determina el licopeno en muestras de tomate mediante Cromatografía HPLC, destacando los siguientes autores: *Hart & Scott, (1995); Abushita et al., (2000); Yaping et al., (2002); Lin & Chen, (2003); Sánchez–Moreno et al. (2006); Lucini et al., (2012) y Cucu et al., (2012).*

2.3.3.2- Espectroscopia para la determinación de licopeno

Desde un punto de vista histórico, el término **Espectroscopia** designa la rama de la Ciencia que se dedica al estudio de la resolución de la luz, es decir, la radiación en las diferentes longitudes de onda que la componen, o lo que es lo mismo los espectros. La

radiación electromagnética ordenada según sus longitudes de onda constituye lo que se denomina espectro de radiación. A diferencia de otros fenómenos ondulatorios, como en el caso del sonido, la radiación electromagnética no necesita de un medio de apoyo para transmitirse, propagándose fácilmente en el vacío. La radiación solar abarca todo el espectro electromagnético, aunque la mayor parte de su energía está concentrada en la zona próxima a la zona denominada **visible (Vis)** que va de los 400 nm a los 700 nm.

Cuando la radiación electromagnética interacciona con la materia, la respuesta es diferente dependiendo del tipo de radiación y del tipo de materia. Dicha radiación puede atravesar la materia sin interaccionar o puede ser dispersada o absorbida. En estos dos últimos casos se producen fenómenos espectroscópicos de interés analítico. Dos de los fenómenos más importantes que pueden tener lugar son:

1. Fenómeno de absorción: $M + h\nu \rightarrow M^*$

La absorción, por parte de los átomos, moléculas o iones de la energía de la radiación ($h\nu$) las promueve desde su estado fundamental (M) a uno o varios de sus estados excitados (M^*). Como resultado de este fenómeno se obtienen los espectros de absorción donde se representa la energía atenuada frente a la longitud de onda.

2. Fenómeno de emisión: $M^* \rightarrow M + h\nu$

Las partículas excitadas (M^*) se relajan a niveles inferiores de energía (M) cediendo su exceso de energía en forma de fotones ($h\nu$). Como resultado de este fenómeno se obtienen los espectros de emisión donde se representa la energía emitida frente a la longitud de onda. Las partículas pueden excitarse mediante diferentes procesos: bombardeo de electrones, tratamiento térmico, exposición a una fuente de radiación, etc. La fluorescencia y fosforescencia son procesos de emisión. La emisión radiante se produce cuando las especies excitadas regresan a su estado fundamental cediendo su energía en forma de fotones, si el fenómeno es muy rápido ($<10^{-5}$ s) se habla de *fluorescencia*, mientras que si el periodo es más largo ($>10^{-5}$ s), llegando a los minutos e incluso horas, se habla de *fosforescencia*.

Cuando M es un átomo, se habla de Espectroscopia atómica de absorción (EAA) o de emisión (EAE). Cuando M es una molécula, se habla de Espectroscopia molecular (en el IR, UV, visible).

Cuando se trabaja en Espectroscopia es importante conocer una serie de conceptos:

• *Transmitancia*: fracción de la radiación incidente que es transmitida por la solución absorbente. Por efecto de la interacción fotón/partícula presente en solución, la intensidad de la radiación incidente disminuye de I_0 (*inicial*) hasta I (*final*). La transmitancia (T) se expresa como un %:

$$T = I/I_0$$

• *Absorbancia*: viene definida por la ecuación:

$$A = -\log T = \log(I_0/I)$$

• *Ley de Beer–Lambert*: aplicación cuantitativa del fenómeno de absorción. Cuando una disolución es atravesada por una radiación electromagnética de determinada longitud de onda, para la cual no es transparente, se produce un fenómeno de absorción, atenuándose la radiación. Según la Ley de Beer–Lambert, la absorbancia obtenida está linealmente relacionada con la concentración de la especie absorbente en la disolución (C) y con la longitud de la trayectoria (b) de la radiación en el medio absorbente:

$$A = -K \times C = \epsilon \times l \times C$$

siendo A absorbancia (*adimensional*), K coeficiente de extinción, C concentración de analito (mol/L), ϵ coeficiente de absortividad molar ($\text{L/cm} \times \text{mol}$) y l longitud del camino óptico (1 cm).

La Ley de Beer–Lambert sólo describe adecuadamente el comportamiento de disoluciones diluidas. Para que se cumpla es necesario que la radiación sea monocromática –una sola longitud de onda– y que ésta corresponda a la que da el máximo de absorbancia, para un determinado rango de concentraciones que es función de cada sustancia y de la longitud de onda.

Espectroscopia de absorción molecular en el UV/VIS

Las aplicaciones cualitativas de la Espectroscopia de absorción molecular en el UV/visible son limitadas, dado que los espectros de la mayoría de las sustancias que absorben en ese tramo de longitudes de onda consisten en uno o unos pocos picos amplios, sin estructura definida necesaria para su identificación. Por el contrario, esta técnica es muy poderosa para el análisis cuantitativo.

En general, los compuestos que absorben en la región del UV/visible suelen ser sustancias orgánicas con dobles o triples enlaces –grupos cromóforos– o con grupos funcionales en los que está presente un heteroátomo: N, O, S o X (halógeno).

En la Figura 21 se muestra un esquema de los principales componentes de un equipo de Espectroscopia de absorción molecular.

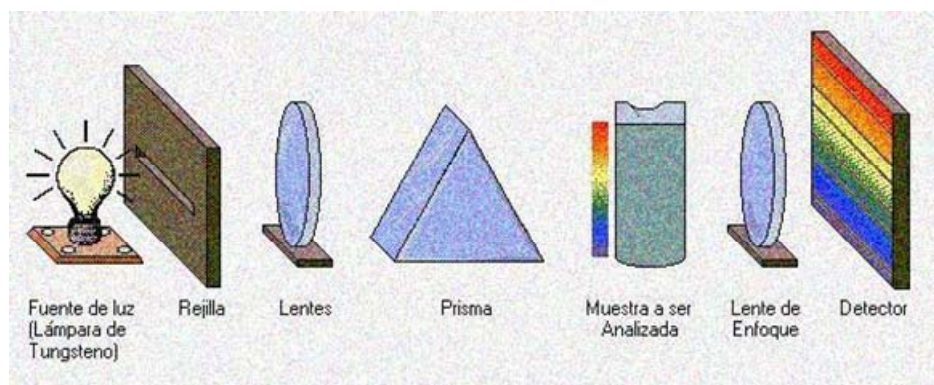


Figura 21. Componentes principales equipo de Espectroscopia de absorción molecular.

En la bibliografía consultada, se puede encontrar un gran número de referencias bibliográficas en las que se hace referencia a la determinación de licopeno en muestras de tomate mediante Espectroscopia, destacando los siguientes autores: *Fish et al.*, (2001); *Perkins–Veazie et al.*, (2001); *Martínez–Valverde et al.*, (2002); *Davis et al.*, (2003) y *Markovic et al.*, (2010).

Se seleccionó la **Espectroscopia de absorción molecular en el UV/Vis** para realizar el análisis de licopeno en las muestras de tomates seleccionados ya que permite resultados válidos y la técnica es más rápida que en el caso de la cromatografía líquida de alta presión HPLC

El procedimiento descrito por *Fish et al.*, (2002) consiste en pesar una muestra de entre 0,4 y 0,6 g de pasta de tomate, trasvasar a un vial y adicionar 5 mL de acetona estabilizada con BHT al 0,05 % (p/v), 5 mL de etanol del 95 % y 10 mL de hexano. Una vez preparadas las muestras se cubren, para que no reciban la luz del sol, se introducen en un baño de hielo y se someten a agitación durante 15 min a 180 rpm en un agitador orbital. Transcurridos los 15 min de agitación, se adiciona 3 mL de agua destilada a cada vial, y se someten de nuevo las muestras a agitación durante 5 min. Por último, después de la agitación los viales se dejan a temperatura ambiente durante 5 min para facilitar la separación de las fases.

Una vez separadas las fases, se mide la absorbancia de la fase superior –hexano– en una cubeta de cuarzo de longitud de paso de 1 cm a una longitud de onda de 503 nm frente a un blanco de hexano. El contenido en licopeno de la pasta de tomate analizada se estima mediante la siguiente relación:

$$\text{Licopeno (mg/kg)} = \frac{A_{503 \text{ nm}} \times 536,9 \text{ g/mol} \times 1 \text{ L} \times 10^3 \text{ mg} \times 10 \text{ mL} \times 1 \text{ cm}}{17,2 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \times \text{cm}^{-1} \times 10^3 \text{ mL} \times 1 \text{ g} \times \text{kg mtra}}$$

siendo $17,2 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ el coeficiente de extinción molar descrito para el licopeno en hexano según *Zechmeister et al. (1943a, 1943b)*. La mayoría de los coeficientes de extinción que se han descrito posteriormente están dentro de 1–2 % de este valor (*DeRitter & Purcell, 1981*). Aunque a 503 nm no se obtiene el pico de mayor absorbancia del licopeno en hexano, se utiliza esta longitud de onda con el fin de minimizar la interferencia de otros carotenoides. Se elige trabajar con valores de contenido de licopeno expresados en términos de mg/kg ya que hace más fácil el manejo de datos y es la unidad de concentración de uso común en la literatura (*Beerh & Siddappa, 1959; Perkins–Veazie et al., 2001*).

Como ya ha sucedido en el caso de los sólidos solubles totales y la acidez, para realizar la determinación del contenido en licopeno es necesario partir de una muestra líquida, en este trabajo se prepararon las alícuotas líquidas de los tomates a analizar siguiendo diferentes protocolos de trabajo, con el fin de seleccionar aquel que permitiera obtener resultados válidos y en el menor tiempo posible.

2.3.4- Determinación del contenido en vitamina C

Según bibliografía consultada, el método analítico más utilizado para la determinación de la vitamina C, en muestras de tomates o frutos similares, es la **Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)**.

2.3.4.1- Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) para la determinación de vitamina C

En la determinación de vitamina C en muestras de hortalizas mediante Cromatografía HPLC se puede encontrar un gran número de referencias bibliográficas, destacando las de los siguientes autores: *Abushita et al., (2000); Sánchez–Mata et al., (2000); Sánchez–Moreno et al., (2003)* y *Sánchez–Moreno et al. (2006)*.

Se seleccionó la **Cromatografía HPLC** para realizar el análisis de vitamina C en las muestras de tomates seleccionados ya que permite obtener resultados validos según bibliografía.

El procedimiento descrito por *Sánchez–Moreno et al., (2006)* consiste en la determinación del ácido ascórbico y, posteriormente la determinación de la vitamina C total como suma del ácido ascórbico e hidroascórbico. El procedimiento empleado para la determinación de la vitamina C total consiste en la reducción del ácido dehidroascórbico a ácido ascórbico (Figura 22) mediante la adición de DL–ditiotreitól como agente reductor, siguiendo la modificación del procedimiento propuesto por *Sánchez–Mata et al. (2003)*.

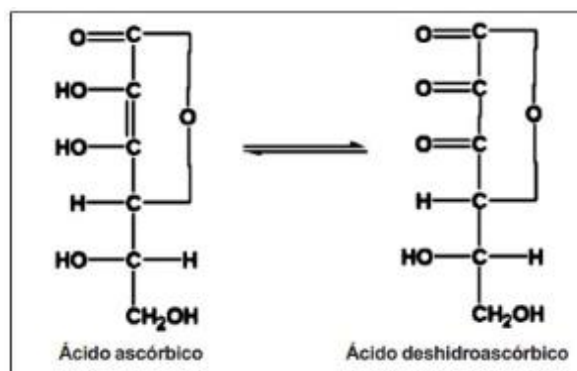


Figura 22. Equilibrio redox entre ácido ascórbico y ácido dehidroascórbico.

Se toman 40 mL de zumo de tomate y se homogenizan con 25 mL de solución extractante (3 % ácido metafosfórico + 8 % ácido acético). La mezcla resultante se centrifuga, filtra y se ajusta a 75 mL con agua destilada. Las muestras se filtran a través de un filtro de membrana de 0,45 μm y se analizan mediante HPLC inyectando 20 μL , por duplicado. Los resultados se expresan como mg ácido ascórbico por 100 mL de zumo de tomate.

Posteriormente, un alícuota (0,5 mL) de la mezcla se hace reaccionar con 1,5 mL de una solución de concentrada (20 mg/mL) de DL–ditiotreitól durante 2 horas a temperatura ambiente y en oscuridad. Durante ese tiempo tiene lugar la reducción del ácido dehidroascórbico a ácido ascórbico. Transcurridas 2 horas las muestras se filtran a través de un filtro de membrana de 0,45 μm y se analizan mediante HPLC inyectando 20 μL , por duplicado. Los resultados se expresan como mg vitamina C por 100 mL de zumo de tomate.

La separación cromatográfica mediante HPLC del ácido ascórbico se lleva a cabo usando una columna de fase reversa C₁₈, y como fase móvil ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 0,01 % ajustado a pH 2,5–2,6 en modo isocrático. Flujo de fase móvil a 1,0 mL/min y detección a 245 nm. La identificación del ácido ascórbico mediante HPLC se lleva a cabo mediante la comparación del tiempo de retención y el espectro UV/Vis del estándar previamente analizado (*Sánchez–Moreno et al., 2003*).

2.3.5- Criterios para la optimización de los métodos de análisis

Para diseñar y optimizar los protocolos de análisis de los diferentes parámetros de calidad nutricional seleccionados, se han tenido en cuenta diferentes procedimientos de preparación de la muestra de tomate con el objetivo de identificar las causas que puedan provocar variaciones en las medidas realizadas, y seleccionar aquellos que permitan obtener resultados con variabilidad aceptable y en el menor tiempo posible, tal y como se verá en el apartado de resultados.

A partir de cada procedimiento de preparación de muestras y para 12 tomates, se han determinado las concentraciones medias de sólidos solubles totales (SST), acidez valorable, licopeno y vitamina C, con sus desviaciones estándar y coeficientes de variación (C.V.), expresados en %. La variabilidad entre datos se ha analizado teniendo en cuenta los criterios de la legislación vigente para diferentes intervalos de fracciones de masa de analito (*Decisión de la Comisión 2002/657/CE*), según se muestra en la Tabla 11. Valores de C.V. (%) mayores a los establecidos indican variabilidad no aceptable entre las medidas, con la consecuente desestimación del procedimiento de preparación correspondiente.

Tabla 11. Coeficiente de variación C.V.(%) en diferentes intervalos de fracciones de masa de analito (*Decisión de la Comisión 2002/657/CE*).

Fracción de masa	C.V. (%)
≤ 10 µg/kg a 100 µg/kg	20
100 µg/kg a 1.000 µg/kg	15
≥ 1.000 µg/kg	10

2.3.6- Determinación de parámetros de calidad organoléptica en el tomate

La **cata** o **evaluación sensorial** de un fruto –mediante un panel de catadores– es un método científico que utiliza los sentidos de la vista, olor, gusto y tacto para examinar las propiedades que influyen en la calidad organoléptica de éste. La realización de una cata consiste en identificar y valorar las características organolépticas de un fruto y expresar la satisfacción percibida por los consumidores después de su degustación.

Como ya se ha mencionado en el apartado introducción, la calidad organoléptica de los **tomates** viene definida por una serie de atributos externos: color, tamaño, forma, presencia/ausencia de defectos y deterioro que son tenidos en cuenta por el jefe de panel –aquel que diseña la evaluación sensorial– en la selección de los frutos a catar y unos atributos internos: olor, aroma (olfacción retro nasal), textura (jugosidad, carnosidad, harinosidad y consistencia), y sabor (dulzor, acidez, etc.) que son evaluados por el personal que conforma el panel de catadores.

Los atributos internos, en el caso del tomate, se identifican de la siguiente manera:

- El **aroma** se desprende del tomate y es captado por el sentido del olfato.
- La **firmeza** es la fuerza necesaria para comprimir el trozo de tomate entre las muelas durante la masticación.
- La **jugosidad** es la cantidad de líquido que libera el tomate durante la masticación.
- La **harinosidad** es el grado en el que la pulpa del tomate se rompe en partículas muy finas que se secan cuando son masticadas. Puede evaluarse como atributo negativo.
- La facilidad de rotura de la piel o **dureza de la piel** es la cantidad de masticaciones necesarias para preparar la piel para la deglución.
- El **dulzor** es la intensidad del gusto dulce del tomate.
- La **acidez** es la intensidad del gusto ácido del tomate.
- El **sabor** es la intensidad del gusto y el aroma de tomate.

En general, en la composición interna del fruto, cada componente o mezcla de componentes está relacionado con la sensación que produce al analizar sensorialmente dicho fruto. Los pigmentos están relacionados con la sensación visual del color y con el grado de maduración del tomate, el agua y el contenido en fibra están relacionados con la jugosidad y demás parámetros texturales, los carbohidratos y ácidos orgánicos con el

equilibrio dulce/ácido y por último las sustancias aromáticas volátiles con la percepción del olor y aroma.

Hay parámetros que pueden ser evaluados como positivos –caso del dulzor– otros suelen ser evaluados como negativos –caso de la harinosidad– y varios pueden ser favorables o desfavorables según el gusto del consumidor –acidez, firmeza o crocancia–, pero normalmente el equilibrio entre ellos (dulzor/acidez) y los valores moderados confieren las mejores propiedades al tomate.

2.3.6.1- Tipos de análisis organolépticos

El análisis organoléptico se realiza por medio de los sentidos. Hay tres tipos principales de análisis organolépticos: análisis **descriptivo**, análisis **discriminativo** y análisis **de aceptación**.

1. Análisis sensorial descriptivo

En las pruebas sensoriales descriptivas los jueces establecen descriptores para las características sensoriales de un producto y seguidamente, los utilizan para cuantificar las diferencias entre los productos evaluados. Las pruebas descriptivas tratan de definir las propiedades del alimento y medirlas de la manera más objetiva posible (Anzaldúa–Morales, 1994). El conjunto de clasificaciones de las características sensoriales –aspecto, olor, sabor, textura y gusto– constituyen lo que frecuentemente se conoce como perfil sensorial de un producto. Aquí no son importantes las preferencias o aversiones de los jueces, y no es tan importante saber si las diferencias entre las muestras son detectadas, sino cuál es la magnitud o intensidad de los atributos del alimento (Amerine et al., 1965).

Las pruebas descriptivas, por lo tanto, proporcionan mucha más información acerca del producto que otro tipo de pruebas, sin embargo son más difíciles de realizar ya que el entrenamiento de los jueces debe ser más intenso y la interpretación de los resultados es ligeramente más laboriosa que en otras pruebas (Anzaldúa–Morales, 1982). La mayoría de las investigaciones que se realizan en la actualidad con el fin de encontrar nuevos métodos sensoriales que proporcionen mayor fiabilidad y objetividad, pertenecen a esta clase de pruebas.

Para la realización de un análisis sensorial descriptivo se emplean por lo menos ocho panelistas para que sea estadísticamente fiable, involucra también un entrenamiento de

los órganos de los sentidos para reducir la subjetividad propia del ser humano. Los parámetros sensoriales empleados involucran tanto el aspecto cualitativo como el cuantitativo (*Meilgaard et al., 2007; Barda, 2010*). Este tipo de pruebas permite comparaciones entre varias muestras marcando los diferentes niveles de intensidad sensorial de un determinado carácter. Son simples de realizar y requieren un entrenamiento limitado (*Catania, et al., 2007*).

Existen tres tipos de escalas en el **análisis sensorial descriptivo**:

- 1) Calificación con escalas no estructuradas: es aquella en la cual solamente se cuenta con puntos extremos –mínimo y máximo–, y el juez debe expresar su apreciación de la intensidad del atributo de un alimento marcando sobre una línea comprendida entre ambos extremos (*Amerine et al., 1965*). El juez debe marcar con una cruz o una pequeña raya vertical el punto donde él considera que corresponde la calificación que otorga al producto, ya sea cerca del mínimo, cerca del centro, o cerca del máximo, según sea la intensidad del atributo. Este método tiene la ventaja de que no hay necesidad de describir las características de los valores intermedios, sin embargo, se tiene la desventaja de que la asignación de la calificación dada por el juez queda complementa a criterio suyo, lo cual confiere un cierto grado de subjetividad a las calificaciones (*Anzaldúa–Morales, 1984*).
- 2) Calificación con escalas estructuradas: es aquella en la que no se tienen en cuenta sólo los puntos extremos si no que contiene uno o más puntos intermedios, es lo que se conoce como escala de intervalo. Con este tipo de escala se resuelve en parte el problema de la subjetividad de los jueces al asignar el atributo considerado en el alimento. Las escalas de intervalo suelen constar de 3, 4, 5 o más puntos. Es necesario proporcionar o explicar al juez una descripción detallada de cada uno de los puntos extremos e intermedios de la escala. En algunas propiedades a evaluar esto es sencillo, sin embargo, en algunas otras resulta muy complicado encontrar definiciones adecuadas (*Bourne, 1982; Anzaldúa–Morales et al., 1983; Anzaldúa–Morales & Vernon, 1986*). La principal ventaja de este tipo de escala es que los puntos intermedios están anclados y no dejados completamente al criterio de los jueces.
- 3) Calificación por medio de escalas estándar: una forma de facilitar el uso de las escalas de intervalo es el uso de escalas estándar. Éstas son escalas de intervalo cuyos puntos, en vez de contener descripciones constan de alimentos que representan el grado

de intensidad del atributo que está siendo medido (*Bourne, 1982; Larmond, 1976, 1976*).

2. Análisis sensorial discriminativo

Este tipo de análisis sensorial es utilizado para comprobar si no hay diferencias entre productos. Las pruebas discriminativas son aquellas en las que no se requiere conocer la sensación subjetiva que produce un alimento a una persona, sino que se desea establecer si hay diferencia o no entre dos o más muestras y, en algunos casos, la magnitud o importancia de esa diferencia (*Larmond, 1977*). Las pruebas discriminatorias son las que permiten encontrar diferencias significativas entre las muestras, además deben permitir cuantificar esa diferencia significativa (*Sancho et al., 2002*).

Estas pruebas son muy usadas en el control de calidad de alimentos para evaluar si las muestras de un lote están siendo producidas con una calidad uniforme, si son comparables a estándares (*Kramer & Twigg, 1972*). De manera que, por medio de ellas se puede determinar el efecto de modificaciones en las condiciones del proceso sobre la calidad sensorial del producto, las alteraciones introducidas por la sustitución de un ingrediente por otro –especialmente saborizantes y otros aditivos– (*Amerine et al., 1965; Larmond, 1973; Navarro, 1975*).

Las **pruebas discriminativas** más comúnmente empleadas son las siguientes:

- 1) Prueba de comparación apareada simple: en esta prueba se presentan solamente dos muestras al juez y se le pide que las compare en referencia a alguna característica sensorial –por ejemplo el dulzor o la dureza–, e indique cuál de las dos tiene mayor intensidad de dicha propiedad (*Larmond, 1973*).
- 2) Prueba triangular: en esta prueba se presentan tres muestras al juez, de las cuales dos son iguales y se le pide que identifique la muestra que es diferente (*Larmond, 1977*).
- 3) Prueba dúo-trío: en esta prueba se presentan tres muestras al juez, de las cuales una está marcada como muestra de referencia y las otras dos están codificadas. Se le dice al juez que una de las dos muestras codificadas es idéntica a la de referencia y la otra es distinta, y se le pide que identifique cuál es la muestra diferente (*Larmond, 1977*). En la prueba dúo-trío se observa que de media, cuanto mejor es la calidad del catador mejores son los resultados (*Colomer et al., 2003*).

4) Prueba de comparaciones apareadas de Scheffé: en esta prueba se comparan varias muestras en parejas y se analiza la magnitud de las diferencias existentes entre ellas (Scheffé, 1952; Larmond, 1977).

5) Prueba de comparaciones múltiples: esta prueba se utiliza cuando se tiene que analizar un número grande muestras realizando la comparación simultánea de varias muestras utilizando una muestra patrón o de referencia (Larmond, 1977).

6) Prueba de ordenamiento: esta prueba puede utilizarse para estimar la dirección de una diferencia específica entre distintas muestras (British Standard Institution, 1989). A los jueces se les presentan tres o más muestras codificadas, y se les pide que las clasifiquen en orden, de acuerdo con un determinado atributo, por ejemplo, dureza, acidez etc. El análisis de datos puede llevarse a cabo mediante diferentes pruebas estadísticas, como el test de ordenamiento de Friedman (O'Mahony, 1986).

3. Análisis de aceptación

El análisis de aceptación o del consumidor proporciona información acerca de si un producto es aceptado o no por el consumidor (Meilgaard *et al.*, 2007). Las pruebas de aceptación se emplean para evaluar el grado de satisfacción o aceptabilidad del producto, con el fin de determinar en una serie de productos cuál es el más aceptable o el preferido, por el consumidor (Sancho *et al.*, 2002).

En las pruebas de aceptación existen dos aspectos principales a considerar:

- Medida de la aceptabilidad o grado de satisfacción.
- Comparación de la aceptabilidad o preferencia.

En esta prueba se le pide al juez el grado de satisfacción que le merece un producto, generalmente seleccionando una categoría en una escala hedónica o de satisfacción que oscila desde “*me disgusta muchísimo*” a “*me gusta muchísimo*”.

2.3.6.2- Metodología para la evaluación organoléptica del tomate

Para la evaluación y comparación de la calidad organoléptica de las tres tipos de tomate objeto de este estudio, –tomate rosa de Barbastro, tomate rama y tomate pera–, se realizó una cata en la Escuela Politécnica Superior de Huesca.

Diseño del panel de cata

El diseño del panel de cata que se utilizó para realizar la evaluación organoléptica del tomate –durante la realización de este proyecto fin de carrera– se engloba en el tipo de análisis sensorial descriptivo, en el que se analizaron los siguientes parámetros organolépticos –atributos internos–:

1. Intensidad del aroma
2. Dureza de la piel
3. Intensidad del sabor
4. Sabor dulce
5. Textura del tomate en su conjunto

En el diseño del panel de cata se procuró que los parámetros a estudiar fuesen fácilmente comprensibles y no tuviesen dificultad a la hora de ser valorados por los panelistas. Para la calificación de estos atributos se utilizó una escala de tipo estructurada que consta de cuatro puntos, bien descritos, para mayor facilidad de comprensión del panelista.

Posteriormente, se incluyó una valoración final de cada una de las muestras de tomate como prueba de aceptación de las muestras analizadas, se utilizó una escala de diez puntos para su calificación valorando de una forma general la percepción de la calidad del fruto desde 0 a 10 puntos de *peor* a *mejor*. Además, en la última parte se sugirió al panelista que contestara a una serie de preguntas para obtener información adicional como consumidores, las preguntas fueron las siguientes:

- ¿Consume habitualmente tomate fresco?
- ¿Llegaría usted a pagar a 5 €/kg por alguno de los tomates catados?
- ¿Por cuál o cuales de ellos?
- ¿Hay alguno de los tomates catados por el que no llegaría a pagar ni a 1 €/kg?
- ¿Por cuál o cuales de ellos?

Hoja de cata

Se realizó una ficha de cata que se muestra en la Figura 23. Con este formulario, típico de una prueba sensorial que utiliza una escala para la clasificación, se busca clasificar los tomates catados según los parámetros organolépticos ya comentados.

FICHA CATADOR											
PRODUCTO:	TOMATE FRESCO										
FECHA:	_____										
CATADOR Nº:	_____										
SEXO:	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: top;"> <tr> <td>HOMBRE</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>MUJER</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	HOMBRE	<input type="checkbox"/>	MUJER	<input type="checkbox"/>						
HOMBRE	<input type="checkbox"/>										
MUJER	<input type="checkbox"/>										
EDAD:	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: top;"> <tr> <td>De 20 a 30</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>De 30 a 40</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>De 40 a 50</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>De 50 a 60</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Más de 60</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	De 20 a 30	<input type="checkbox"/>	De 30 a 40	<input type="checkbox"/>	De 40 a 50	<input type="checkbox"/>	De 50 a 60	<input type="checkbox"/>	Más de 60	<input type="checkbox"/>
De 20 a 30	<input type="checkbox"/>										
De 30 a 40	<input type="checkbox"/>										
De 40 a 50	<input type="checkbox"/>										
De 50 a 60	<input type="checkbox"/>										
Más de 60	<input type="checkbox"/>										

<p>CATADOR Nº: _____</p> <p>Intensidad del AROMA</p> <p>Valore según la siguiente escala e indique si su OLOR le parece:</p> <p>Sin olor (a) / Débil (b) / Normal (c) / Intenso (d) / Muy intenso (e)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Muestra</th> <th colspan="5">INTENSIDAD del aroma</th> </tr> <tr> <th></th> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> <th>d</th> <th>e</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>DUREZA de la piel</p> <p>Valore la DUREZA de la piel en la siguiente escala:</p> <p>Muy blanda (a) / Blanda (b) / Normal (c) / Dura (d) / Muy dura (e)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>MUESTRA</th> <th colspan="5">DUREZA de la piel</th> </tr> <tr> <th></th> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> <th>d</th> <th>e</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Muestra	INTENSIDAD del aroma						a	b	c	d	e	1						2						3						4						MUESTRA	DUREZA de la piel						a	b	c	d	e	1						2						3						4						<p>PUESTO DE CATA Nº: _____</p> <p>Intensidad del SABOR</p> <p>Valore en la siguiente escala la intensidad del SABOR del tomate:</p> <p>Muy insípido (a) / Insípido (b) / Normal (c) / Intenso (d) / Muy intenso (e)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Muestra</th> <th colspan="5">INTENSIDAD del sabor</th> </tr> <tr> <th></th> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> <th>d</th> <th>e</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>SABOR DULCE</p> <p>Pruebe todas las muestras e indique la intensidad del sabor DULCE:</p> <p>No se percibe (a) / Débil (b) / Normal (c) / Fuerte (d) / Muy fuerte (e)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>MUESTRA</th> <th colspan="5">Sabor DULCE</th> </tr> <tr> <th></th> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> <th>d</th> <th>e</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Muestra	INTENSIDAD del sabor						a	b	c	d	e	1						2						3						4						MUESTRA	Sabor DULCE						a	b	c	d	e	1						2						3						4					
Muestra	INTENSIDAD del aroma																																																																																																																																																
	a	b	c	d	e																																																																																																																																												
1																																																																																																																																																	
2																																																																																																																																																	
3																																																																																																																																																	
4																																																																																																																																																	
MUESTRA	DUREZA de la piel																																																																																																																																																
	a	b	c	d	e																																																																																																																																												
1																																																																																																																																																	
2																																																																																																																																																	
3																																																																																																																																																	
4																																																																																																																																																	
Muestra	INTENSIDAD del sabor																																																																																																																																																
	a	b	c	d	e																																																																																																																																												
1																																																																																																																																																	
2																																																																																																																																																	
3																																																																																																																																																	
4																																																																																																																																																	
MUESTRA	Sabor DULCE																																																																																																																																																
	a	b	c	d	e																																																																																																																																												
1																																																																																																																																																	
2																																																																																																																																																	
3																																																																																																																																																	
4																																																																																																																																																	

<p>CATADOR Nº: _____</p> <p>TEXTURA DEL TOMATE EN SU CONJUNTO</p> <p>Valore en la siguiente escala la consistencia del tomate:</p> <p>Muy blanda (a) / Blanda (b) / Normal (c) / Dura (d) / Muy dura (e)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>MUESTRA</th> <th colspan="5">TEXTURA</th> </tr> <tr> <th></th> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> <th>d</th> <th>e</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>Conteste a las siguientes preguntas:</p> <p>¿Consumo habitualmente tomate fresco?</p> <p>¿Llegaría usted a pagar a 5 euros /kilo por alguno de los tomates catados?</p> <p>¿Por cuál o cuáles de ellos?</p> <p>¿Hay alguno de los tomates catados por el que no llegaría a pagar ni a 1 euro /kilo?</p> <p>¿Por cuál o cuáles de ellos?</p>	MUESTRA	TEXTURA						a	b	c	d	e	1						2						3						4						<p>PUESTO DE CATA Nº: _____</p> <p>VALORACIÓN FINAL</p> <p>Una vez realizadas las anteriores pruebas intente valorar globalmente cada muestra en una escala numérica del 1 (peor) al 10 (mejor):</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>MUESTRA</th> <th colspan="10">VALORACIÓN GLOBAL</th> </tr> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	MUESTRA	VALORACIÓN GLOBAL											1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1											2											3											4										
MUESTRA	TEXTURA																																																																																																						
	a	b	c	d	e																																																																																																		
1																																																																																																							
2																																																																																																							
3																																																																																																							
4																																																																																																							
MUESTRA	VALORACIÓN GLOBAL																																																																																																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																													
1																																																																																																							
2																																																																																																							
3																																																																																																							
4																																																																																																							

Figura 23. Hoja de cata entregada para la evaluación organoléptica.

Resultados y Discusión

3- Resultados y discusión

El primer objetivo de este proyecto fue el **diseño y la optimización de un protocolo de análisis de muestras de tomates para determinar la calidad nutricional del mismo**. Para diseñar estos protocolos se siguieron diferentes pautas analíticas y se identificaron y controlaron todas las causas que pueden provocar variaciones en las medidas realizadas. Se plantearon diferentes protocolos de **análisis de sólidos solubles totales, acidez, licopeno y vitamina C**, para seleccionar aquellos que permitieran obtener resultados con variabilidad aceptable y en el menor tiempo posible.

3.1- Determinación de sólidos solubles totales (SST)

Como ya se ha mencionado en el capítulo Experimental, apartado 2.3.1 de este proyecto, la determinación de los sólidos solubles totales (SST) en muestras de tomate se va llevar a cabo mediante Refractometría. Para realizar la medición de los SST en las muestras de tomate, se hace necesario partir de una muestra líquida.

3.1.1- Registro del peso de los tomates

Se sabe que el tamaño de los frutos es inversamente proporcional al contenido de sólidos solubles totales (*Beckles et al., 2012*). Por tanto, los tomates de mayor tamaño alcanzan un rango de sólidos solubles totales entre 3–5 °Brix, siendo de 5–7 °Brix y de 9–15 °Brix para los tomates medianos y cherry, respectivamente (*Baxter et al., 2005; Georgelis et al., 2004; Massota et al., 2010*).

Para evitar desviaciones en las medidas de los sólidos solubles totales de los tomates analizados en este proyecto, se pesaron todos los tomates analizados el día de su recepción, utilizando para ello una balanza analítica. Estos datos se registraron en la tabla de control de parámetros y se decidió analizar muestras de tomates cuyo peso no presentara desviaciones mayores a ± 10 gramos del valor medio de la primera tanda de tomates analizados ($n=12$).

3.1.2- Optimización determinación de sólidos solubles totales

Para la optimización del procedimiento, se decidió trabajar con una un tipo de tomate disponible en el mercado en cualquier época del año, como es el caso del tomate rama. Se analizaron cuatro muestras de tomate de rama, formadas por cuatro cuartos

diferentes, preparadas a partir de la homogenización del fruto entero –piel junto con la pulpa–, y se realizaron las medidas de SST por triplicado, con un total de 12 resultados por protocolo aplicado. En todos los casos, los tomates se prepararon previamente siguiendo el mismo procedimiento:

Se cortaron cuatro tomates en cuatro partes, utilizando para ello una tabla de corte y cuchillo, limpios y secos. Se preparó cada una de las muestras a analizar tomando un cuarto de cada uno de los cuatro tomates cortados.

Azodanlou et al., (2003), Candelas et al., (2006) y Sánchez–Moreno et al., (2006) determinaron sólidos solubles totales (SST) en muestras de tomate entero –piel y pulpa– mediante refractometría, únicamente sometiendo a los frutos a un triturado con una batidora o una licuadora doméstica. Por su parte, *Kuo–Chiang et al., (2008)* sugirió el posterior tamizado de este triturado para eliminar restos de piel y semillas.

Siguiendo estas indicaciones encontradas en la revisión bibliográfica, se plantearon los siguientes dos protocolos de preparación de muestra.

- **Protocolo 1: triturado.** Homogenización del fruto entero (piel y pulpa) mediante una batidora doméstica. El triturado obtenido no resultaba ser muy fino y las partículas presentes en el jugo interferían en la medición del índice de refracción (Figura 24). Se les denominó muestras de S.1.1 a S.1.12.



Figura 24. Muestras de tomate –triturado– para el análisis de SST.

- **Protocolo 2: triturado y colado.** Homogenización del fruto entero (piel y pulpa) mediante una batidora doméstica y posterior tamizado con tela metálica para separar restos de piel y semillas. El jugo obtenido fue más fino que en el protocolo 1, pero todavía muy espeso. Se necesitó casi 2 horas de reposo para que se separasen las dos

fases –líquida y sólida– y poder tomar 2 gotas de la fracción líquida para medir en el refractómetro. Se les denominó muestras de S.2.1 a S.2.12.

Para minimizar el tiempo de análisis del tomate, se planteó el tercer protocolo de preparación de muestras.

- **Protocolo 3: triturado, colado y centrifugado.** Homogenización del fruto entero (piel y pulpa) mediante una batidora doméstica, posterior tamizado con tela metálica para separar restos de piel/semillas y centrifugado de la muestra durante 10 min a 2.700 rpm. Tras la centrifugación resultó sencillo tomar las 2 gotas de la fracción líquida para medir en el refractómetro. Se les denominó muestras S.3.1 a S.3.12.

La composición en sólidos solubles totales (SST) de la piel y las semillas del tomate puede ser diferente al de la pulpa (*Gould et al., 1992*), por ello en este proyecto se consideró la posibilidad de que al colar el jugo de los tomates pudiera haber pérdidas de los SST. Por ello, se incluyó un cuarto protocolo de preparación de muestras sin etapa de colado con el fin de comparar las mediciones de SST con y sin ella.

- **Protocolo 4: triturado y centrifugado.** Homogenización del fruto entero (piel y pulpa) mediante una batidora doméstica y centrifugado de la muestra durante 10 min a 2.700 rpm. Tras la centrifugación resultó sencillo tomar las 2 gotas de la fracción líquida para medir en el refractómetro (Figura 25). Se les denominó muestras S.4.1 a S.4.12.



Figura 25. Muestras de tomate –triturado y centrifugado– para el análisis de los SST.

En la Figura 26 se muestra una comparación entre las muestras preparadas mediante triturado, colado y centrifugado (protocolo 3), triturado (protocolo 1) y, triturado y centrifugado (protocolo 4).

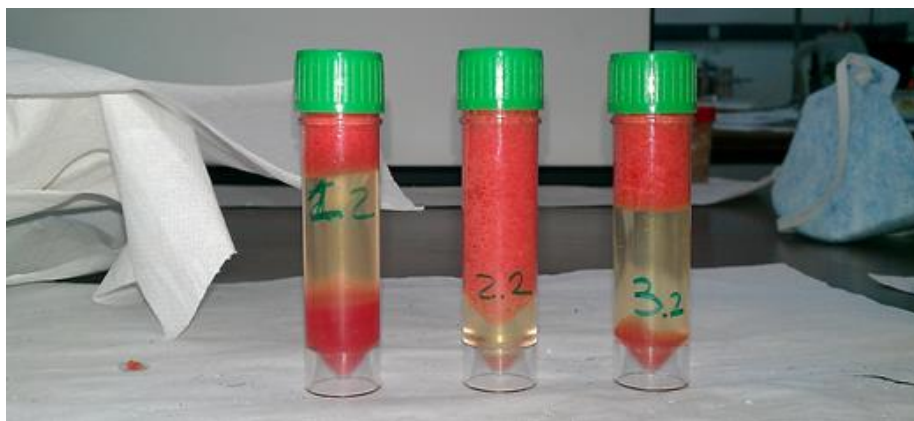


Figura 26. Muestras de tomate triturado, colado y centrifugado; triturado y, triturado y centrifugado para el análisis de los SST.

En la Tabla 12 se muestran los resultados obtenidos de sólidos solubles totales, expresados en °Brix, para las muestras de tomate rosa preparadas con los cuatro protocolos de tratamiento descritos anteriormente.

Tabla 12. Resultados de SST (°Brix) para los cuatro protocolos aplicados a las muestras de tomate rosa.

Protocolo 1. Triturado							
	°Brix		°Brix		°Brix		°Brix
S.1.1	4,0	S.1.5	3,9	S.1.9	3,9	Media	3,97
S.1.2	4,5	S.1.6	3,5	S.1.10	3,9	D.S.	0,40
S.1.3	4,5	S.1.7	3,5	S.1.11	3,5	C.V. (%)	10,10
S.1.4	3,7	S.1.8	4,2	S.1.12	4,5		
Protocolo 2. Triturado y colado							
	°Brix		°Brix		°Brix		°Brix
S.2.1	4,2	S.2.5	3,7	S.2.9	3,9	Media	3,83
S.2.2	3,8	S.2.6	3,6	S.2.10	3,9	D.S.	0,15
S.2.3	3,9	S.2.7	3,7	S.2.11	3,9	C.V. (%)	3,91
S.2.4	3,8	S.2.8	3,7	S.2.12	3,8		
Protocolo 3. Triturado, colado y centrifugado							
	°Brix		°Brix		°Brix		°Brix
S.3.1	4,3	S.3.5	3,9	S.3.9	4,0	Media	3,96
S.3.2	4,1	S.3.6	3,7	S.3.10	4,0	D.S.	0,16
S.3.3	4,1	S.3.7	3,8	S.3.11	4,0	C.V. (%)	4,04
S.3.4	3,9	S.3.8	3,9	S.3.12	3,8		

Protocolo 4. Triturado y centrifugado							
	°Brix		°Brix		°Brix		° Brix
S.4.1	4,2	S.4.5	4,0	S.4.9	4,0	Media	3,99
S.4.2	4,0	S.4.6	3,9	S.4.10	4,0	D.S.	0,12
S.4.3	4,2	S.4.7	3,8	S.4.11	4,0	C.V. (%)	3,00
S.4.4	4,0	S.4.8	4,0	S.4.12	3,8		

Los resultados de la Tabla 12 ponen de manifiesto un coeficiente de variación alto (10,10 %) para las mediciones de SST realizadas en muestras de tomate trituradas –protocolo 1–, ya que el triturado del tomate no resulta muy fino y las partículas de la muestra producen desviaciones en la medición del índice de refracción, lo que se traduce en variaciones entre los grados Brix obtenidos. El triturado del tomate no se consideró un protocolo de preparación de la muestra adecuado para la determinación de los SST en el tomate.

En el caso del triturado y colado –protocolo 2–, el valor de coeficiente de variación (3,91 %) es similar al de los protocolos 3 y 4, sin embargo se necesitan unas dos horas de reposo para la separación de las fases sólida y líquida para poder tomar 2 gotas de sobrenadante que introducir en el Refractómetro. Por ello, el triturado y colado no se consideró un protocolo de preparación de la muestra adecuado para la determinación de los SST en el tomate.

Para minimizar el tiempo que tardan en decantarse y separarse las 2 fases en las muestras trituradas y coladas, se pensó en una centrifugación posterior del jugo obtenido –protocolo 3–, para separar fases sin tiempo de reposo. Los resultados de la Tabla 12 muestran un bajo coeficiente de variación (4,04 %). Además, no se observaron pérdidas de SST tras aplicar la etapa de centrifugación, ya que los valores medios son similares a los del protocolo 2 –sin centrifugación–. Por ello, **se consideró** que el **triturado, colado y centrifugado** de los tomates es un protocolo de preparación de muestra **adecuado**, para la determinación de SST en el tomate.

Para conocer si el colado podía ser una etapa crítica por posibles pérdidas de analito en la piel y semillas, se compararon las medidas de SST entre las muestras trituradas, coladas y centrifugadas –protocolo 3– y las muestras trituradas y centrifugadas –protocolo 4–. En la Tabla 12 se observa que tanto la desviación estándar como el coeficiente de variación son similares en el protocolo 4 y en el protocolo 3, siendo

0,12 °Brix y 0,16 °Brix respectivamente en el caso de la desviación estándar y 3,00 % y 4,04 % respectivamente en el caso del coeficiente de variación.

Además, al comparar los resultados mediante un test ANOVA entre los dos protocolos, con y sin colado, (n=24), se observaron valores de $p > 0,05$, lo que significa que no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos para cada protocolo, es decir, la etapa de colado no es crítica (Tabla 13).

Tabla 13. ANOVA de un factor. Comparación protocolos 3 y 4 para el análisis de SST. Significación de la etapa de colado.

ANOVA (SST con/sin colado)	Sig.
Inter-grupos	0,577

Con el fin de minimizar el tiempo de análisis, se eliminó la etapa de colado y se **consideró** que el **triturado y centrifugado** de los tomates es el protocolo de preparación de muestra **más óptimo para la determinación de los SST en el tomate**, ya que resulta rápido y con una variabilidad aceptable para el análisis.

3.2- Determinación de la acidez

Los ácidos orgánicos del tomate se determinaron principalmente mediante volumetría ácido/base, tal y como ya se ha mencionado en el capítulo Experimental, apartado 2.3.2. La determinación de la acidez se lleva a cabo sobre una muestra de zumo de tomate, por lo que al igual que en el caso de los sólidos solubles totales se ensayaron diferentes procedimientos de preparación de muestra para seleccionar el más adecuado, en función del tiempo de duración y la validez del mismo en cuanto a capacidad de extracción de los ácidos tanto de la pulpa como de la piel y semillas.

3.2.1- Optimización determinación de la acidez

Para la optimización del procedimiento se decidió trabajar, al igual que en el caso de los sólidos solubles totales, con tomate rama. Se analizaron muestras de tomate rama, formadas por cuatro cuartos diferentes, preparadas a partir de la homogenización del fruto entero (piel junto con la pulpa), y se realizaron las medidas de acidez por triplicado.

Se plantearon los siguientes cuatro protocolos de preparación de muestra:

- Protocolo 1: triturado. Muestras de A.1.1 a A.1.12
- Protocolo 2: triturado y colado. Muestras de A.2.1 a A.2.12
- Protocolo 3: triturado, colado y centrifugado. Muestras de A.3.1 a A.3.12
- Protocolo 4: triturado y centrifugado. Muestras de A.4.1 a A.4.12

Una vez obtenida la matriz líquida –zumo de tomate– mediante los cuatro protocolos anteriores, la determinación de la acidez se lleva a cabo tal y como se describe a continuación.

Tomar 2,5 mL de zumo de tomate, llevar a un matraz aforado de 25 mL y enrasar con agua destilada (dilución 1/10). Trasvasar el contenido a un erlenmeyer. Añadir 5 gotas de fenolftaleína al 1 % –la disolución permanece incolora–. Valorar con NaOH 0,01M hasta la aparición de la primera tonalidad rosa en la disolución que permanece más de 30 segundos.

A la hora de llevar a cabo la determinación de la acidez valorable, las muestras de tomate únicamente trituradas –protocolo 1– no pudieron ser analizadas, ya que resultaba imposible determinar cuando aparecía la primera tonalidad rosa y dar por terminada la volumetría (Figura 27). El triturado del tomate no se consideró un protocolo de preparación de la muestra adecuado para la determinación de la acidez.



Figura 27. Intento de valoración de la muestra de tomate únicamente triturada.

Para las muestras trituradas y coladas –protocolo 2– se observó que en un tiempo de más de tres horas no se obtenía volumen suficiente como para realizar la valoración de la muestra (Figura 28).



Figura 28. Muestra triturada y colada –protocolo 2– tras tres horas de decantación.

El triturado y colado del tomate no se consideró un protocolo de preparación de la muestra adecuado para la determinación de la acidez.

En el caso de los protocolos 3 y 4, en todos ellos se pudo tomar 2,5 mL de zumo de tomate lo suficientemente claro para poder determinar de manera visual el punto final de la volumetría.

En la Tabla 14 se muestran los resultados de acidez obtenidos tras el análisis de cuatro muestras de tomate siguiendo los protocolos 3 y 4, sus medias, las desviaciones estándar y los coeficientes de variación entre las medidas tomadas cada día.

Tabla 14. Resultados de acidez (% = g ácido cítrico/100 g tomate) para los dos protocolos aplicados a las muestras de tomate rama.

Protocolo 3. Triturado, colado y centrifugado							
	%		%		%		%
A.3.1	0,31	A.3.5	0,29	A.3.9	0,29	Media	0,30
A.3.2	0,29	A.3.6	0,31	A.3.10	0,30	D.S.	0,01
A.3.3	0,30	A.3.7	0,33	A.3.11	0,30	C.V. (%)	4,66
A.3.4	0,28	A.3.8	0,32	A.3.12	0,29		
Protocolo 4. Triturado y centrifugado							
	%		%		%		%
A.4.1	0,30	A.4.5	0,32	A.4.9	0,28	Media	0,30
A.4.2	0,35	A.4.6	0,29	A.4.10	0,30	D.S.	0,02
A.4.3	0,33	A.4.7	0,28	A.4.11	0,28	C.V. (%)	7,26
A.4.4	0,28	A.4.8	0,31	A.4.12	0,31		

A partir de los datos que se muestran en la Tabla 14 se observa que los valores de la media de acidez así como de la desviación estándar son similares en ambos protocolos,

una media de 0,30 g/100 g con una desviación estándar de 0,014 g/100 g en el protocolo 3, y una media de 0,30 g/100 g con una desviación estándar de 0,022 g/100 g en el protocolo 4. Y en ambos casos el coeficiente de variación fue $< 10 \%$ (un 4,66 % en el protocolo 3 y un 7,26 % en el protocolo 4).

Además, al comparar los resultados mediante un test ANOVA entre los dos protocolos, con y sin colado, ($n=24$), se observaron valores de $p>0,05$, lo que significa que no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos para cada protocolo, es decir, la etapa de colado no es crítica en la determinación de la acidez (Tabla 15). Esto significa que no hay pérdidas de ácidos con la separación de piel y semillas.

Tabla 15. ANOVA de un factor. Comparación protocolos 3 y 4 para el análisis de la acidez. Significación de la etapa de colado.

ANOVA (acidez con/sin colado)	Sig.
Inter-grupos	0,720

Con el fin de minimizar el tiempo de análisis, se eliminó la etapa de colado y se **consideró** que el **triturado y centrifugado** de los tomates es el protocolo de preparación de muestra **más óptimo para la determinación de la acidez en el tomate**, ya que resulta rápido y con una variabilidad aceptable para el análisis.

3.3- Evolución del contenido en SST y de la acidez durante el almacenamiento del tomate

La calidad nutricional del tomate puede ser evaluada por el contenido de azúcares simples o grados Brix, los ácidos orgánicos y ácidos cítricos; y compuestos volátiles (Thybo *et al.*, 2006). La concentración de estos compuestos puede variar en función del grado de maduración del fruto y cambiar sustancialmente el contenido nutricional del fruto analizado. Se conoce que cuando el fruto madura, los grados Brix aumentan y la acidez disminuye (Nielsen, 2003).

Teniendo en cuenta estas premisas y una vez optimizados los procedimientos analíticos para la determinación de los sólidos solubles totales –azúcares– y la acidez –expresada como ácido cítrico–, en este trabajo se decidió llevar a cabo un estudio de estabilidad, de dichos parámetros de calidad nutricional de los tomates, durante un periodo de conservación de 3 semanas a 4 °C.

Se realizaron los análisis de sólidos solubles totales y acidez en el momento de la recepción (día 0) y periódicamente cada 7 días (día 7, día 14 y día 21). Se anotaron también los pesos de los tomates analizados en las hojas de control de parámetros, y si se observó que existían cambios organolépticos mediante inspección visual (firmeza, color, etc.).

Los resultados del estudio de estabilidad de los sólidos solubles totales (°Brix) y la acidez de los tomates (g ácido cítrico /100 g tomate) lo largo de 3 semanas conservados a 4 °C, se muestran en la Tabla 16. Se incluyen también los datos de los pesos medios de los tomates del lote que permaneció más tiempo almacenado y si se observaron cambios organolépticos.

Tabla 16. Estudio de estabilidad en tomates rama almacenados a 4°C por 3 semanas.

	Día 0		Día 7		Día 14		Día 21	
Media	82,76 g		81,45 g		79,95 g		78,55 g	
	SST	Acidez	SST	Acidez	SST	Acidez	SST	Acidez
M1.1	5,0	0,26	5,3	0,24	5,2	0,25	3,8	0,26
M1.2	4,8	0,26	5,2	0,26	5,2	0,26	3,9	0,26
media	4,9	0,26	5,3	0,25	5,2	0,25	3,9	0,26
M2.1	5,0	0,27	5,0	0,24	4,8	0,24	3,6	0,25
M2.2	4,9	0,25	5,2	0,26	5,1	0,24	3,4	0,25
media	5,0	0,26	5,1	0,25	5,0	0,24	3,5	0,25
M3.1	4,9	0,26	5,2	0,25	5,0	0,24	3,7	0,27
M3.2	4,9	0,26	5,1	0,23	5,1	0,24	3,7	0,25
media	4,9	0,26	5,2	0,24	5,1	0,24	3,7	0,26
M4.1	4,9	0,26	5,0	0,23	4,8	0,23	3,9	0,28
M4.2	5,0	0,24	5,0	0,23	4,9	0,23	3,9	0,26
media	5,0	0,25	5,0	0,23	4,9	0,23	3,9	0,27

En la Figura 29 se muestran gráficamente los datos de peso medio de los tomates que han sido registrados del lote que permaneció almacenado durante más tiempo, es decir, el que se analizó tras 21 días. A este lote de tomates se le registró el peso en el día 0, 7, 14 y 21. Se puede observar una pérdida de peso total de 5,20 % en el transcurso de este tiempo debida a la transpiración del fruto, del vapor de agua y compuestos volátiles.

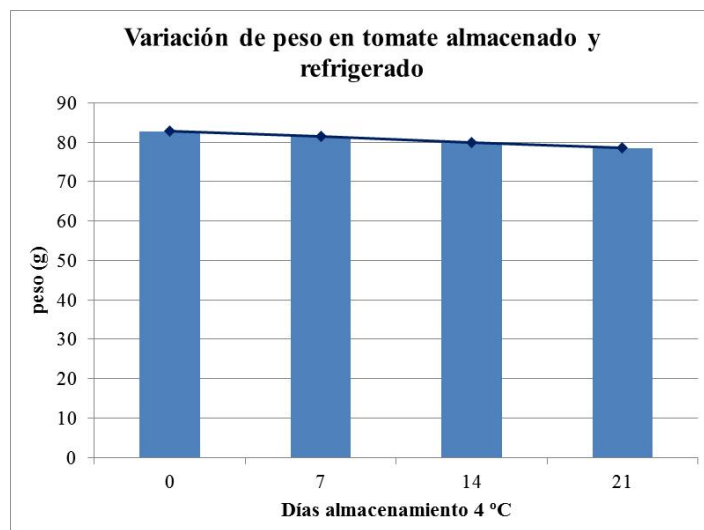


Figura 29. Evolución del peso de tomate almacenado y refrigerado durante 3 semanas.

Si se comparan estos pesos mediante un test ANOVA para determinar si la diferencia entre ellos es significativa ($n=12$), se observan valores de $p>0,05$ para la primera semana y valores de $p<0,05$ para las siguientes semanas (Tabla 17). Por ello, se puede afirmar que los cambios observados en los valores de sólidos solubles totales y/o acidez son debidos únicamente al paso del tiempo para la primera semana, puesto que el peso del tomate está controlado.

Tabla 17. ANOVA de un factor. Comparación pesos iniciales (día 0) con pesos a la semana 1 (día 7), 2 (día 14) y 3 (día 21).

ANOVA (peso tomates semana 0/semana 1,2 y 3)	Sig.
Inter-grupos (semana 1)	0,101
Inter-grupos (semana 2)	0,016
Inter-grupos (semana 3)	0,006

La madurez de los frutos es un proceso fisiológico y bioquímico que está bajo control genético y hormonal. Es un proceso que está acompañado por múltiples cambios a nivel celular, más que por un aumento del tamaño del fruto (*Seymour et al., 1993; Wills et al., 1998*). De acuerdo con el patrón respiratorio y la síntesis de etileno en una etapa temprana de la madurez, los frutos se clasifican en dos categorías: climatéricos y no climatéricos (*Seymour et al., 1993; Kuntz et al., 1998*), perteneciendo el tomate al primer grupo.

Seymour et al., (1993), y *Wills et al., (1998)*, mencionan que los frutos no climatéricos muestran un descenso gradual en su respiración, mientras que los frutos climatéricos presentan un pico respiratorio durante la maduración, este incremento en la

respiración de este tipo de frutos se denomina pico climatérico o sencillamente climaterio (Gallo, 1996). Simultáneamente al aumento en la respiración, se produce un brusco aumento en la producción de etileno que tiene una profunda influencia en el desarrollo del proceso de maduración (Nuez, 2003).

Se ha observado que cuando el fruto de tipo climatérico madura en la planta, no se produce este aumento típico de la respiración (Salveit, 1993) por lo que, la respiración climatérica en el tomate podría no ser un requisito para la maduración, sino un artificio producido por la recolección del fruto. Las frutas climatéricas maduras en la planta son de mejor calidad, pero para la distribución de las variedades comerciales a los diferentes puntos de venta, estos frutos en muchas ocasiones se recolectan antes a fin de evitar pérdidas, ya que el periodo de conservación de la fruta madura es más corto aunque se utilicen cámaras de atmósfera controlada para prolongar su vida útil.

En los resultados obtenidos en el laboratorio (Figura 29) se observa que la mayor pérdida de peso se da entre el día 7 y 14 del estudio –1,55 g frente a 1,30 g entre el día 0 y 7; y 1,40 g entre el día 14 y 21–. Esta mayor pérdida de peso podría ser debida a que durante ese periodo –de 7 a 14 días– se ha dado un mayor aumento de la tasa respiratoria así como de la transpiración de vapor de agua, produciéndose el antes citado pico climatérico.

En las Figuras 30 y 31, se observa la evolución de los sólidos solubles totales y acidez a lo largo de todo el periodo de conservación estudiado.

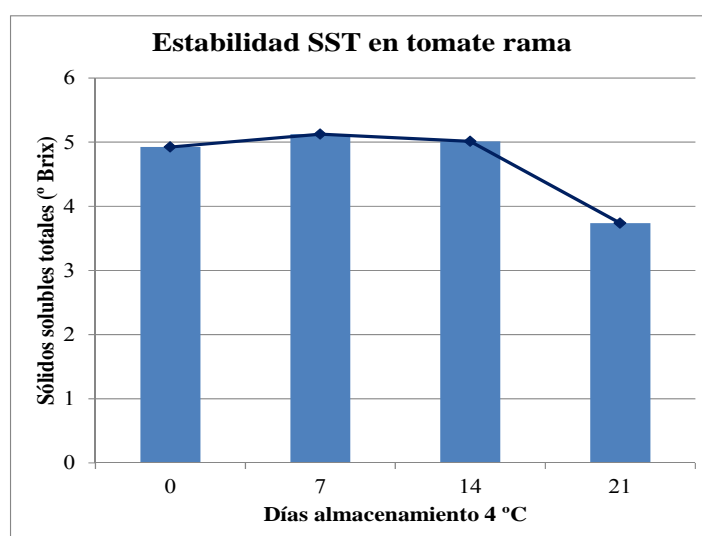


Figura 30. Evolución sólidos solubles totales en tomates rama conservados a 4 °C.

Según *Primo-Yufera, (1997)*, la biosíntesis de azúcares se exalta en el climaterio respiratorio, y la acidez disminuye con la maduración así como los azúcares aumentan. Dicho comportamiento se observa en la Figura 30 que muestra un aumento de los azúcares entre los días 7 y 14 donde se ha ubicado el pico climatérico tal y como se ha mencionado anteriormente.

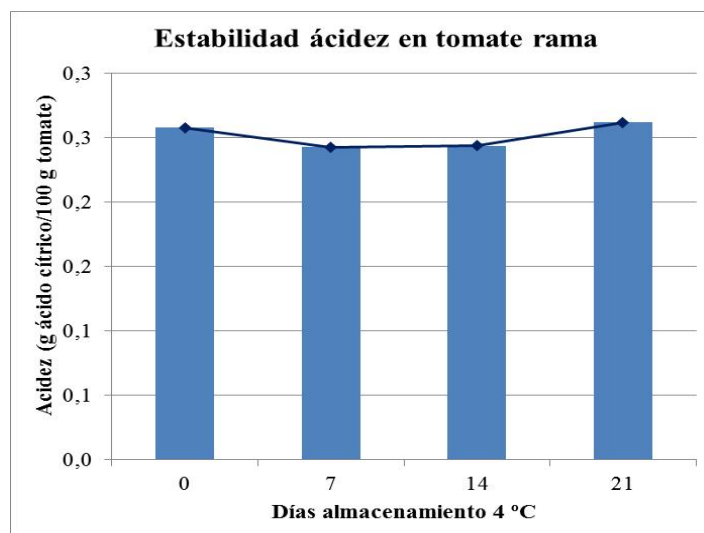


Figura 31. Evolución acidez en tomates rama conservados a 4 °C.

En la Figura 32 se muestra la relación existente entre ambos parámetros mediante el cálculo del índice de madurez.

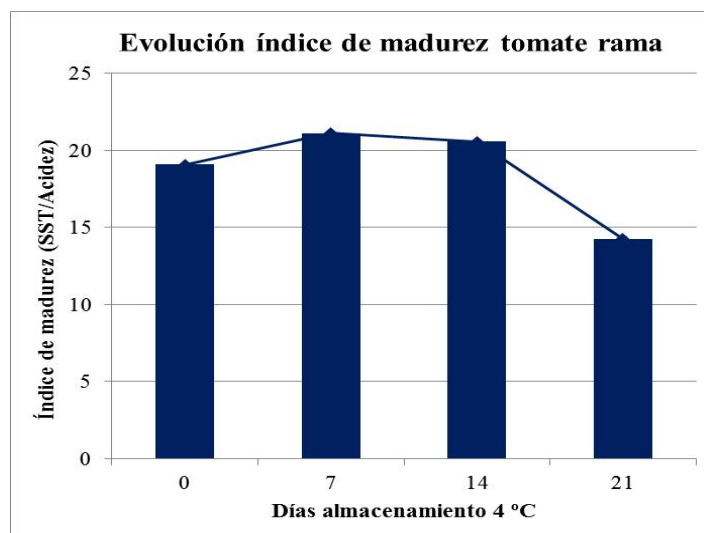


Figura 32 Evolución del índice de madurez en tomates rama conservados a 4 °C.

Los resultados obtenidos para cada parámetro se compararon mediante un test ANOVA para determinar si la pérdida o ganancia de cada nutriente eran significativas, y así definir la etapa de análisis más adecuada. En la Tabla 18 se muestran los

resultados obtenidos al aplicar un test ANOVA, de un factor, entre todos los valores ($n=24$) de sólidos solubles totales y acidez.

Tabla 18. Resultados del test ANOVA entre días, para los parámetros sólidos solubles totales y acidez.

<i>ANOVA (SST entre días)</i>	<i>Sig.</i>
Inter-grupos	0,014
<i>ANOVA (acidez entre días)</i>	<i>Sig.</i>
Inter-grupos	0,027

Los sólidos solubles totales durante todo el periodo de conservación estudiado mostraron diferencias significativas respecto a los valores iniciales, ya que al aplicar un test ANOVA entre todos los valores se obtuvieron valores de $p < 0,05$ (Tabla 18). Se considera que la conservación durante tres semanas en refrigeración influye significativamente en la concentración de azúcares de los tomates.

Por otro lado, la acidez total también mostró diferencias significativas durante todo el proceso estudiado con valores de $p < 0,05$. Al igual que en el caso de los sólidos solubles totales, se considera que la conservación durante tres semanas en refrigeración influye significativamente en la acidez de los tomates.

Por otra parte, el índice de madurez calculado a partir de la relación SST/acidez reflejó un comportamiento creciente durante todo el proceso, lo que indica que durante las tres semanas de almacenamiento los frutos maduraron.

A partir de los datos anteriores se puede concluir que **para comparar la calidad nutricional y organoléptica de los tomates seleccionados, se hace necesario realizar los análisis en el momento de la compra del fruto (día 0)**, puesto que si se espera un tiempo para realizar los análisis, la maduración varía y los resultados obtenidos no serían comparables entre los diferentes tipos de tomates.

3.4- Determinación del contenido en licopeno

Para la determinación del contenido en licopeno del tomate existen diferentes métodos analíticos, tal y como ya se ha mencionado en el capítulo Experimental, apartado 2.3.3. Para la realización de este trabajo fin de carrera se ha seleccionado como procedimiento para la determinación del contenido en licopeno la Espectroscopia de absorción molecular, en fase orgánica, en el UV/Vis (*Fish et al., 2002*). Según la

referencia bibliográfica, para la aplicación del método de análisis se trabaja con pasta de tomate, por lo que al igual que en el caso de los sólidos solubles totales y de la acidez, se ensayaron diferentes procedimientos de preparación de muestra para seleccionar el más adecuado.

3.4.1. Optimización determinación del contenido en licopeno

Para la optimización del procedimiento se decidió trabajar, al igual que los casos anteriores, con tomate rama. Se analizaron muestras de tomate rama, formadas por cuatro cuartos diferentes y se realizaron las medidas del contenido de licopeno por triplicado.

Se plantearon los siguientes tres protocolos de preparación de muestra:

- Protocolo 1: **triturado**. Homogenización del fruto entero (piel y pulpa) mediante una batidora doméstica. Muestras de L.1.1 a L.1.3
- Protocolo 2: **triturado** y **colado**. Homogenización del fruto entero (piel y pulpa) mediante una batidora doméstica y posterior tamizado con tela metálica para separar restos de piel y semillas. Muestras de L.2.1 a L.2.3
- Protocolo 3: **triturado** y **centrifugado**. Homogenización del fruto entero (piel y pulpa) mediante una batidora doméstica y centrifugado de la muestra durante 10 min a 2.700 rpm. Señalar que en la aplicación de este protocolo se hizo una separación de muestras, por un lado se analizó la pasta de tomate recogida tras la centrifugación (muestras de L.3.A.1 a L.3.A.3) y por otro lado se analizó el líquido separado tras la centrifugación (muestras L.3.B.1 a L.3.B.3).

En la referencia bibliográfica seleccionada en este proyecto (*Fish et al., 2002*), para la determinación del contenido en licopeno, se tomaba una cantidad de pasta de tomate entre 0,4 y 0,6 g. Desde un punto de vista práctico, en el laboratorio sólo se disponía de tubos de ensayo ámbar con una capacidad de 15 mL, por lo que se decidió trabajar con un máximo de 0,4 g de muestra y se recalcularon las cantidades de reactivos a adicionar. En la Figura 33 se muestran los tubos de ensayo ámbar utilizados y cómo se ha pesado en la balanza analítica la pasta de tomate a analizar.



Figura 33. *Tubo ámbar utilizado para la determinación del licopeno.*

En los dos primeros protocolos ensayados, una vez preparada la muestra se pesó una cantidad de 0,4 g de pasta de tomate y se colocó en un tubo de ensayo ámbar de 15 mL. Para el caso del protocolo 3, se llenaron 2 tubos de centrifuga con pasta de tomate triturado y se sometieron a centrifugación en las condiciones anteriormente descritas.

Una vez centrifugadas las muestras, se pesó una cantidad de 0,4 g de fracción sólida (muestras L.3.A) y 0,4 g de fracción líquida (muestras L.3.B) y se colocaron en un tubo de ensayo ámbar de 15 mL. A continuación, a todas las muestras se les adicionó 3 mL de acetona estabilizada con BHT al 0,05 %, 3 mL de etanol al 95 % y 6 mL de hexano. Seguidamente se sometieron las muestras a una agitación magnética en un baño de hielo durante 15 min, pasado este tiempo se adicionaron 2 mL de agua destilada y se agitaron de nuevo durante 5 min más. Posteriormente, se dejaron en reposo durante cinco minutos para permitir la separación de las 2 fases –acuosa y orgánica–. Una vez bien separadas las fases, se tomó la fase superior, correspondiente al hexano, y se midió la absorbancia en cubeta de cuarzo de 1 cm de paso a una longitud de onda de 503 nm en el Espectrofotómetro, utilizándose como blanco hexano.

El contenido en licopeno de cada muestra fue calculado utilizando la ecuación anteriormente descrita en el apartado 3.3.2.1 del presente proyecto.

En la Tabla 19 se muestran los resultados del contenido en licopeno obtenidos tras el análisis de las muestras de tomate siguiendo los protocolos 1, 2 y 3, sus medias, las desviaciones estándar y los coeficientes de variación.

Tabla 19. Resultados del contenido en licopeno (mg/kg tomate) para los tres protocolos aplicados a las muestras de tomate rama.

Protocolo 1. Triturado							
	mg/kg		mg/kg				
L.1.1	40,0	Media	39,8				
L.1.2	39,0	D.S.	0,7				
L.1.3	40,3	C.V. (%)	1,7				
Protocolo 2. Triturado y colado							
	mg/kg		mg/kg				
L.2.1	39,0	Media	38,9				
L.2.2	38,3	D.S.	0,6				
L.2.3	39,5	C.V. (%)	1,6				
Protocolo 3. Triturado y centrifugado							
<i>Análisis pasta después centrifugado</i>				<i>Análisis líquido después centrifugado</i>			
	mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg
L.3.A.1	124,4	Media	121,0	L.3.B.1	1,3	Media	1,6
L.3.A.2	-	D.S.	4,8	L.3.B.2	1,1	D.S.	0,7
L.3.A.3	117,7	C.V. (%)	3,9	L.3.B.3	2,3	C.V. (%)	43,0

A la vista de los resultados obtenidos, que se muestran en la Tabla 19, se puede observar que los valores obtenidos en el contenido en licopeno, así como la desviación estándar y el coeficiente de variación son muy similares en el caso del protocolo 1 y 2. Para el protocolo 1 –triturado– se obtiene un valor medio de 39,8 mg/kg y un coeficiente de variación del 1,7 %; mientras que en el caso del protocolo 2 –triturado y colado– se obtienen valores muy similares con un valor medio de 38,9 mg/kg y 1,6 % de coeficiente de variación.

Al comparar el contenido en licopeno obtenido con los protocolos de análisis 1 y 2 mediante un test ANOVA (n=6), no se observaron diferencias significativas ($p>0,05$) (Tabla 20), no obstante y según bibliografía consultada, la piel del tomate puede llegar a tener, según la variedad, hasta 2,5 veces más alto nivel de licopeno que la pulpa, con cantidades significativas de compuestos fenólicos y ácido ascórbico (George *et al.*, 2004). Por tanto se consideró más adecuado el protocolo 1 donde no se elimina la piel que contiene licopeno.

Tabla 20. ANOVA de un factor. Comparación protocolos 1 y 2 para el análisis del contenido en licopeno. Significación de la etapa de colado.

ANOVA (acidez con/sin colado)	Sig.
Inter-grupos	0,188

En el caso del protocolo 3 –triturado y centrifugado– se obtienen 2 fracciones que se han analizado por separado. En el caso de la fracción sólida –análisis de la pasta de tomate separada después de la centrifugación– se observa un contenido muy alto de licopeno con un valor medio de 121,0 mg/kg. Este resultado era de esperar dado que al centrifugar la muestra de tomate triturada se separa la fracción líquida de la fracción sólida y dado que el licopeno está presente tanto en la pulpa como en la piel, se concentra en la fracción sólida analizada, de la cual se pesó 0,4 g, la misma cantidad que en los protocolos 1 y 2 donde la muestra estaba compuesta por pulpa, piel, semillas y agua propia del tomate. Por lo que este protocolo no resulta representativo del contenido real de licopeno en la muestra de tomate.

En el caso del análisis de la fracción líquida –análisis del líquido separado después de la centrifugación– se observa un muy bajo contenido de licopeno con un valor medio de 1,6 mg/kg. Al igual que en el caso anterior, este resultado era de esperar dado que al centrifugar y separar la pulpa y la piel, que son las que mayor cantidad de licopeno contienen, en el agua presente en el tomate queda una pequeña cantidad de licopeno soluble. Por lo que este protocolo tampoco resulta representativo del contenido real de licopeno en la muestra de tomate.

A partir de los resultados obtenidos y con el fin de minimizar el tiempo de análisis, **se consideró** que el **triturado** de los tomates es el protocolo de preparación de muestra **más óptimo** para la **determinación del contenido en licopeno**, ya que resulta rápido y con una variabilidad aceptable para el análisis de los tomates.

3.5- Determinación del contenido en vitamina C

Para la determinación del contenido en vitamina C del tomate, tal y como ya se ha mencionado en el capítulo Experimental, apartado 2.3.4 se ha seleccionado como procedimiento para la determinación del contenido en vitamina C el procedimiento descrito por *Sánchez–Moreno et al., (2006)*, el cual consiste en la determinación del ácido ascórbico y posteriormente la determinación de la vitamina C total como suma del

ácido ascórbico e hidroascórbico. Según la referencia bibliográfica, para la aplicación de este método de análisis, se trabaja con pasta de tomate, por lo que al igual que en el caso de los sólidos solubles totales (SST), de la acidez, y del licopeno se ensayaron diferentes procedimientos de preparación de muestra para seleccionar el más adecuado para determinar el contenido en ácido ascórbico del tomate.

3.5.1. Optimización de la separación cromatográfica del ácido ascórbico

Previamente a la optimización del tratamiento de muestra a aplicar al tomate para la determinación de la vitamina C, se procedió a la puesta a punto de la separación cromatográfica del ácido ascórbico mediante cromatografía HPLC con detector UV/Vis.

Las condiciones cromatográficas para la separación e identificación del ácido ascórbico se fijaron en: columna kingsorb C₁₈ (250 mm x 4,6 d.i. x 5 µ); fase móvil = ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 0,01% con un pH entre 2,5–2,6; flujo fase móvil = 0,5 mL/min en modo isocrático; volumen de inyección = 20 µL y adquisición a una longitud de onda de 245 nm.

Se preparó una disolución madre de ácido ascórbico de 200 mg/L, y a partir de ella se prepararon los diferentes puntos de la recta de calibrado entre 10 y 80 mg/L. En la Figura 34 se muestra el cromatograma obtenido al inyectar la disolución patrón de 50 mg/L con las condiciones cromatográficas anteriormente descritas. Se observa que el pico cromatográfico, correspondiente al ácido ascórbico, aparece a los 5 min de la inyección.

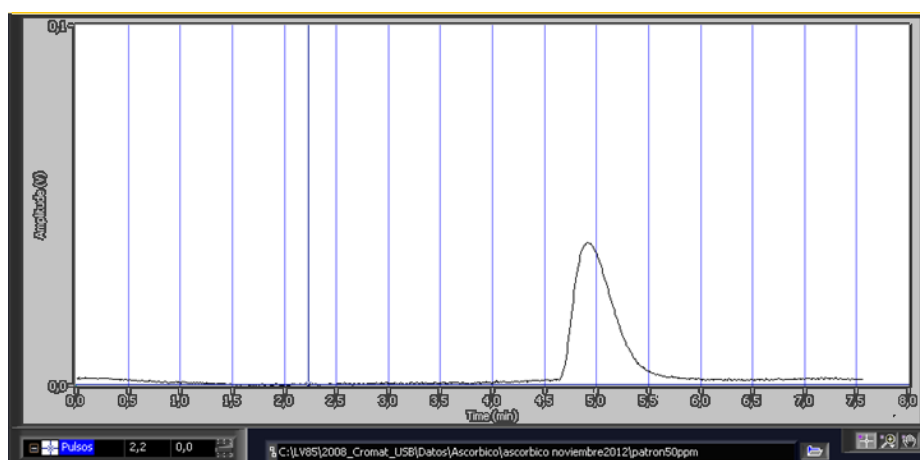


Figura 34. Cromatograma del patrón de ácido ascórbico de 50 ppm.

En la Tabla 21 se muestran los resultados obtenidos al inyectar los puntos de la recta de calibrado en el equipo HPLC.

Tabla 21. Áreas de ácido ascórbico de la recta de calibrado.

Ácido ascórbico (mg/L)	Área
10,7	0,373
22,3	0,554
33,9	0,756
44,6	0,928
53,5	1,046
66,9	1,239
76,8	1,349

En la Figura 35 se muestra gráficamente la recta de calibrado obtenida.

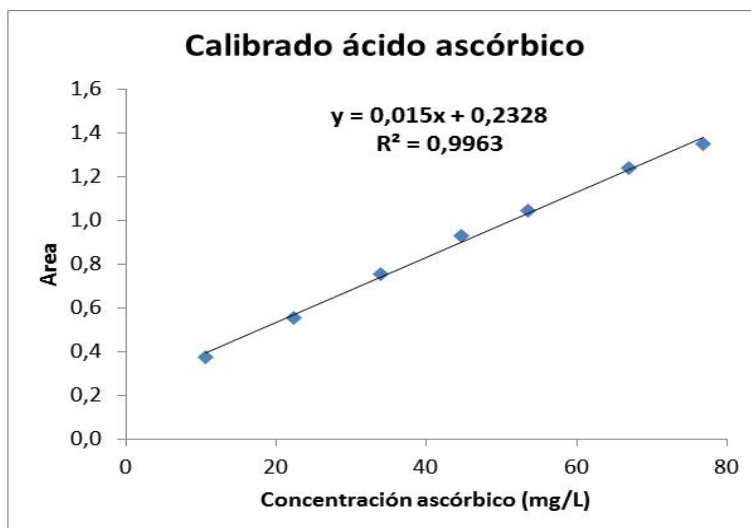


Figura 35. Recta de calibrado obtenida para la cuantificación del ácido ascórbico.

3.5.2- Optimización determinación del contenido de ácido ascórbico

Una vez optimizada la identificación del ácido ascórbico mediante el equipo de HPLC del laboratorio y obtenida la recta de calibrado para su cuantificación, se procedió a optimizar el tratamiento necesario para el análisis del ácido ascórbico en muestras de tomate reales.

Para la optimización del procedimiento, al igual que en el caso de los tres parámetros anteriores, se trabajó con tomate rama. Se analizaron muestras de tomate rama,

formadas por cuatro cuartos diferentes y se realizaron las medidas del contenido en ácido ascórbico por triplicado.

Se plantearon los siguientes tres protocolos de preparación de muestra:

- Protocolo 1: **triturado**. Homogenización del fruto entero (piel y pulpa) mediante una batidora doméstica. Muestras de C.1.1 a C.1.3
- Protocolo 2: **triturado** y **colado**. Homogenización del fruto entero (piel y pulpa) mediante una batidora doméstica y posterior tamizado con tela metálica para separar restos de piel y semillas. Muestras de C.2.1 a C.2.3
- Protocolo 3: **triturado** y **centrifugado**. Homogenización del fruto entero (piel y pulpa) mediante una batidora doméstica, centrifugado de la muestra durante 10 min a 2700 rpm y posterior selección de la fase líquida. Muestras de C.3.1 a C.3.3

En la referencia bibliográfica seleccionada en este proyecto (*Sánchez–Moreno et al., 2006*), para la determinación del contenido en vitamina C, se toman 40 mL de zumo de tomate y se homogenizan con 25 mL de solución extractante. La mezcla resultante se centrifuga, filtra y se ajusta a 75 mL con agua destilada. Las muestras y se analizan mediante HPLC inyectando 20 μ L. Desde un punto de vista práctico, en el laboratorio sólo se disponía de tubos de centrífuga de 25 mL, por lo que se decidió trabajar con 10 mL de zumo de tomate y se recalcularon las cantidades de reactivos a adicionar.

En los dos primeros protocolos ensayados (1 y 2) una vez preparada la muestra, como resultaba complicado tomar 10 mL con la pipeta –dado que aparecen restos de piel y pepitas después de triturar– se pesó en balanza analítica la cantidad de zumo de tomate que equivalía a ese volumen –8,2 g– y se colocó en un tubo de centrífuga de 25 mL. Para el caso del protocolo 3, se llenó un tubo de centrífuga con pasta de tomate triturado y se sometió a centrifugación en las condiciones anteriormente descritas, posteriormente se tomaron 10 mL de la fracción líquida separada que se colocaron de nuevo en un tubo de centrífuga.

A continuación, se adicionó a cada muestra 6 mL de solución extractante –solución al 3% de ácido metafosfórico y al 8% de ácido acético–, se homogenizaron y se centrifugaron durante 10 minutos a 2700 rpm, se les extrajo la fase líquida obtenida y posteriormente se enrasaron en un matraz aforado hasta 25 mL con agua destilada, cada una de ellas. El siguiente paso fue el filtrado de cada extracto mediante un filtro de membrana de 0,45 μ m. El filtrado se recogió en un vial ámbar, de donde posteriormente

se tomaron 20 μ L para analizar mediante HPLC. El contenido en ácido ascórbico de cada muestra en mg/L fue calculado utilizando la ecuación obtenida tras la elaboración de una recta de calibrado. Teniendo en cuenta el peso real de muestra de pasta de tomate seleccionada para cada una de las muestras en cada uno de los protocolo, se pueden obtener los mg de ácido ascórbico por cada 100 gramos de tomate. En la Figura 36 se muestra el cromatograma obtenido al analizar una muestra de tomate mediante HPLC.

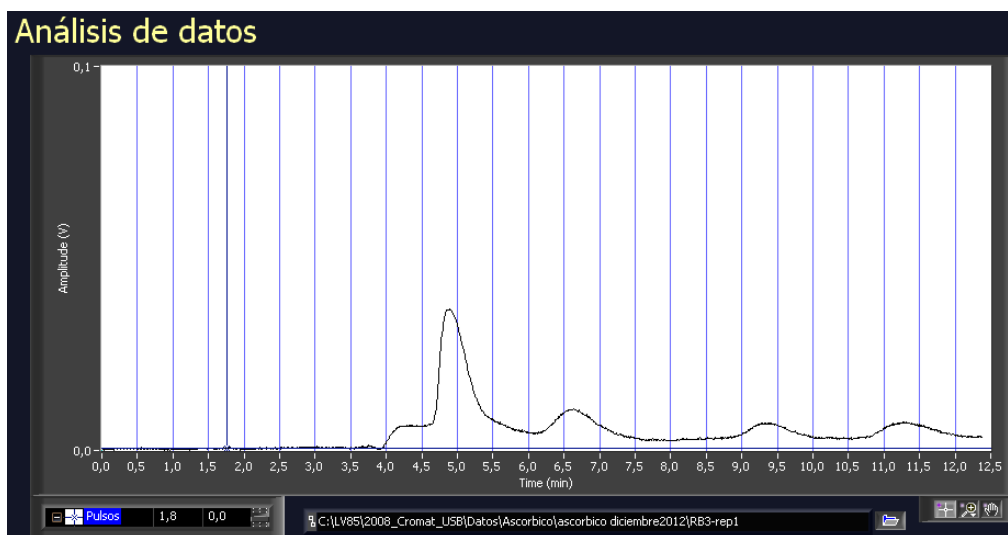


Figura 36. Cromatograma obtenido del análisis de ácido ascórbico en tomate rama mediante HPLC-UV/Vis,.

En la Tabla 22 se muestran los resultados del contenido de ácido ascórbico obtenidos tras el análisis de las muestras de tomate siguiendo los protocolos 1, 2 y 3, sus medias, las desviaciones estándar y los coeficientes de variación.

Tabla 22. Resultados del contenido en ácido ascórbico (mg/100 g tomate) para los tres protocolos aplicados a las muestras de tomate rama.

Protocolo 1. Triturado			
	mg/100 g tomate		mg/100 g tomate
C.1.1	26,5	Media	21,9
C.1.2	23,1	D.S.	5,3
C.1.3	16,1	C.V. (%)	24,8
Protocolo 2. Triturado y colado			
	mg/100 g tomate		mg/100 g tomate
C.1.1	23,9	Media	15,4
C.1.2	9,3	D.S.	7,6
C.1.3	13,0	C.V. (%)	49,3

Protocolo 3. Triturado y centrifugado			
	mg/100 g tomate		mg/100 g tomate
C.1.1	37,5	Media	40,2
C.1.2	43,0	D.S.	3,9
C.1.3	-	C.V. (%)	9,6

A la vista de los resultados obtenidos, que se muestran en la Tabla 22, se puede observar que para el protocolo 1 –solo triturado– se obtiene un valor medio de 21,9 mg/100 g y un coeficiente de variación del 24,8 %; mientras que en el caso del protocolo 2 –triturado y colado– se obtiene un valor medio inferior de 15,4 mg/100 g y 49,3 % de coeficiente de variación.

Esta diferencia es totalmente justificable por el hecho de que en el protocolo 2 la muestra ha sido colada, por lo que se han eliminado pieles y pepitas, las cuales pueden contener ácido ascórbico. *Toor & Savage, (2005)*, concluyeron que el 52 % del total de los antioxidantes (licopeno, ácido ascórbico, compuestos fenólicos, etc.) se encontraban en la epidermis del tomate, superando en porcentaje a la fracción contenida en pulpa y semillas. De ahí que el valor medio obtenido es ligeramente inferior al del protocolo 1 donde están presentes todos los constituyentes del tomate –piel, pulpa y pepitas–. Señalar que en ambos protocolos los coeficientes de variación son elevados –24,8 % y 49,3 %, respectivamente–, esto es debido principalmente a la elevada heterogeneidad de la muestra –triturado/triturado y colado– y sobre todo al hecho de que el ácido ascórbico se oxida rápidamente, por lo que a pesar de mantener durante todo el protocolo una baja intensidad de luz y trabajar con material ámbar, es difícil que no existan diferencias entre las muestras analizadas a tiempos consecutivos.

En el caso del protocolo 3, se obtiene un valor medio de ácido ascórbico de 40,2 mg/100 g, que supone el doble del valor medio obtenido en el protocolo 1. En este caso, la muestra analizada ha sido previamente centrifugada para separar la fracción líquida, partiendo de una cantidad de pulpa de tomate superior a los dos protocolos anteriores. Dado que el ácido ascórbico es liposoluble y tiende a pasar a la fracción líquida, es normal que la cantidad encontrada en los 10 mL de fracción líquida del protocolo 3 sea superior, en este caso el doble, debido a que la cantidad de tomate de partida ha sido superior. Dicho protocolo no es representativo del contenido en ácido

ascórbico presente en el tomate que se consume, donde hay parte sólida –pulpa, pile y semillas– y parte líquida –agua–.

A partir de los resultados obtenidos y con el fin de minimizar el tiempo de análisis, **se consideró** que el **triturado** de los tomates es el protocolo de preparación de muestra **más óptimo** para la determinación **del contenido en ácido ascórbico**, ya que resulta rápido y con una variabilidad aceptable para el análisis de los tomates.

3.6- Análisis y comparación de la calidad nutricional entre los tipos de tomates analizados

3.6.1- Muestras de tomate seleccionadas

Tomate rosa de Barbastro

Para la evaluación de la calidad nutricional del **tomate rosa de Barbastro** se compraron muestras en diferentes establecimientos de la ciudad de Huesca, a lo largo de los meses en los que aparece en el mercado (de junio hasta octubre); para posteriormente poder evaluar la variabilidad estacional de los diferentes parámetros nutricionales seleccionados.

En la Tabla 23 se muestran las diferentes fechas en las que fueron comprados los distintos lotes de tomate rosa de Barbastro, estando cada uno de estos lotes formado por cuatro tomates. Todos ellos fueron congelados para su posterior análisis, dado que a la fecha en la que empezó a venderse el tomate rosa de Barbastro no se encontraban optimizados todos los protocolos de análisis para los parámetros nutricionales. Se decidió congelar todas las muestras, con el objetivo de que cuando fuesen analizadas se encontrasen todas en las mismas condiciones de partida.

Tabla 23. Lotes de tomate rosa de Barbastro analizados.

<i>Fecha compra lotes de tomate</i>	<i>Denominación lotes</i>
Semana 25–30 Junio 2012	Lote A
Semana 23–29 Julio 2012	Lote B
Semana 13–19 Agosto 2012	Lote C
Semana 20–26 Agosto 2012	Lote D
Semana 3–9 Septiembre 2012	Lote E
Semana 17–23 Septiembre 2012	Lote F
Semana 24–30 Septiembre 2012	Lote G
Semana 8–14 Octubre 2012	Lote H

Tomate rama y pera

Para llevar a cabo la comparación nutricional entre el tomate rosa de Barbastro y los tomates pera y rama, se analizaron cuatro lotes de tomate rama y cuatro lotes de tomate pera. Al igual que para el caso del tomate rosa de Barbastro, cada uno de estos lotes –que se compraron en diferentes puntos de venta de la ciudad de Huesca– estuvo formado por cuatro tomates.

3.6.2- Análisis de los sólidos solubles totales (SST)

Tomate rosa de Barbastro

Para la determinación de los sólidos solubles totales en las muestras de tomate seleccionadas se aplicó el protocolo previamente optimizado que se describe en el apartado 3.1.2. Mediante dicho protocolo se realizó un seguimiento en la cantidad de sólidos solubles totales a lo largo del periodo de comercialización del tomate rosa de Barbastro para observar la posible influencia de la *estacionalidad* en la cantidad de azúcares para esta variedad, y posteriormente se realizó la comparación con los resultados obtenidos en tomate pera y tomate rama.

En cada uno de los lotes se analizaron cuatro muestras de tomate rosa de Barbastro, formadas por cuatro cuartos de tomate diferentes y se realizaron las medidas de sólidos solubles totales por duplicado.

La Tabla 24 muestra los resultados de los valores medios de sólidos solubles totales –en °Brix– obtenidos del análisis de cada uno de los tomates.

Tabla 24. Resultados de los SST para los lotes de tomate rosa de Barbastro analizados.

Lote A	SST (°Brix)	Lote B	SST (°Brix)
tomate rosa A1	4,8	tomate rosa B1	4,4
tomate rosa A2	4,6	tomate rosa B2	4,2
tomate rosa A3	4,7	tomate rosa B3	4,4
tomate rosa A4	4,7	tomate rosa B4	4,3
media	4,7	media	4,3
Lote C	SST (°Brix)	Lote D	SST (°Brix)
tomate rosa C1	5,0	tomate rosa D1	4,8
tomate rosa C2	5,1	tomate rosa D2	4,7
tomate rosa C3	5,1	tomate rosa D3	4,8
tomate rosa C4	5,1	tomate rosa D4	4,8
media	5,1	media	4,8
Lote E	SST (°Brix)	Lote F	SST (°Brix)
tomate rosa E1	4,6	tomate rosa F1	4,6
tomate rosa E2	4,6	tomate rosa F2	4,6
tomate rosa E3	4,5	tomate rosa F3	4,6
tomate rosa E4	4,4	tomate rosa F4	4,5
media	4,5	media	4,6
Lote G	SST (°Brix)	Lote H	SST (°Brix)
tomate rosa G1	4,0	tomate rosa H1	2,9
tomate rosa G2	4,0	tomate rosa H2	2,9
tomate rosa G3	3,9	tomate rosa H3	3,1
tomate rosa G4	4,0	tomate rosa H4	3,1
media	4,0	media	3,0

En la Figura 37 se muestra la variación existente en el contenido de sólidos totales solubles (expresados en °Brix) en el tomate rosa de Barbastro durante el periodo comprendido entre junio–octubre de 2012.

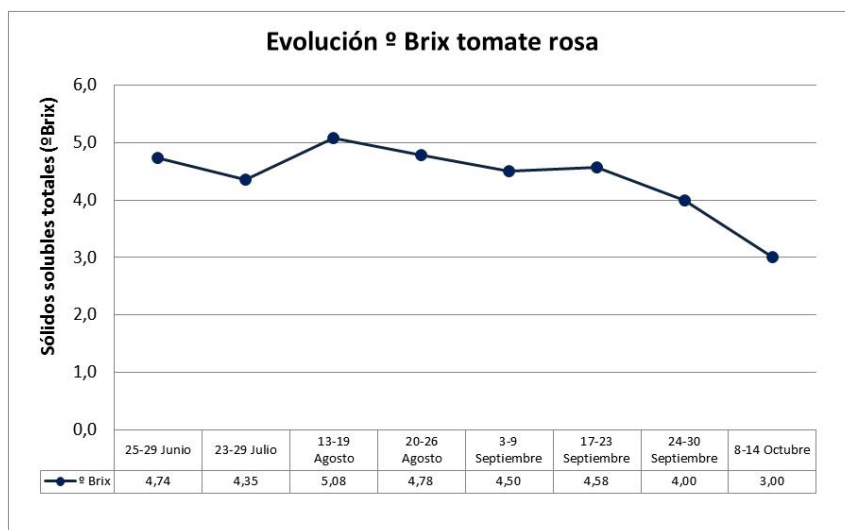


Figura 37. Evolución sólidos solubles totales en el tomate rosa de Barbastro.

Como puede observarse en la Figura 37 para los tomates analizados, pertenecientes a los meses de agosto y septiembre se obtienen los valores más altos de sólidos solubles totales, mientras que para los tomates de finales de la temporada –octubre– se obtienen los valores más bajos de azúcares.

Este hecho se debe a que el contenido en azúcar de los frutos es un parámetro muy influenciado por el medioambiente (*Hartl, 2011*). El entorno precosecha, incluyendo la radiación solar, la temperatura y la duración del día pueden influir en los niveles de azúcar de la fruta (*Dorais et al., 2008*). *Romajaro et al., (2006)*, observaron una influencia de las altas temperaturas –asociadas a una radiación solar intensa en el periodo de precosecha–, que originaba un aumento en el contenido en sólidos solubles y acidez titulable. En este sentido, *Davies & Hobson, (1981)*, observaron un efecto del cambio estacional en los azúcares de los tomates cultivados desde abril a septiembre, mostrando un aumento de 1,8 a 2,8 °Brix.

En general, en la provincia de Huesca, el periodo de temperaturas más altas y mayor radiación lumínica corresponde a los meses de julio, agosto y principios de septiembre, y coincide con el periodo de mayor maduración del fruto en la planta –mayores concentraciones de azúcares–, tal y como se observa en la Figura 37.

Tomate rama y pera

La Tabla 25 muestra los resultados de los sólidos solubles totales –en °Brix– obtenidos del análisis de los tomates tipo rama y pera. Las medidas se realizaron por duplicado y se muestran los datos medios obtenidos.

Tabla 25. Resultados de SST para los lotes de tomate rama y pera analizados.

Lote A	SST (°Brix)	Lote B	SST (°Brix)
tomate rama A1	4,9	tomate rama B1	4,2
tomate rama A2	5,0	tomate rama B2	4,0
tomate rama A3	4,9	tomate rama B3	4,2
tomate rama A4	4,9	tomate rama B4	4,0
media	4,9	media	4,1
Lote C	SST (°Brix)	Lote D	SST (°Brix)
tomate rama C1	4,0	tomate rama D1	4,0
tomate rama C2	3,9	tomate rama D2	4,0
tomate rama C3	3,8	tomate rama D3	4,0
tomate rama C4	4,0	tomate rama D4	3,8
media	3,9	media	3,9
Lote A	SST (°Brix)	Lote B	SST (°Brix)
tomate pera A1	5,0	tomate pera B1	3,7
tomate pera A2	5,0	tomate pera B2	3,6
tomate pera A3	5,0	tomate pera B3	3,7
tomate pera A4	4,6	tomate pera B4	3,8
media	4,9	media	3,7
Lote C	SST (°Brix)	Lote D	SST (°Brix)
tomate pera C1	4,0	tomate pera D1	4,5
tomate pera C2	4,2	tomate pera D2	4,3
tomate pera C3	4,3	tomate pera D3	4,0
tomate pera C4	4,4	tomate pera D4	4,9
media	4,2	media	4,4

Tal y como muestra la tabla anterior, no se observan grandes diferencias entre los valores de SST detectados para el tomate rama y el pera, mostrando variaciones entre 3,8–5,0 °Brix para el primero y entre 3,6–5,0 °Brix para el segundo. Aplicando un test ANOVA para comparar estos resultados ($n=32$), no se observan diferencias significativas entre los azúcares determinados en tomate pera y rama ya que $p>0,05$ (Tabla 26).

Tabla 26. ANOVA de un factor. Comparación de los SST entre tomates rama y pera. Significación del tipo de tomate en el nivel de azúcares.

ANOVA (SST pera/rama)	Sig.
Inter-grupos	0,596

Estudio comparativo

En la Tabla 27 se muestran los valores medios del contenido en sólidos solubles totales de los lotes analizados para el caso de los tomates rama y pera, mientras que para el caso del tomate rosa de Barbastro se muestra la mediana, ya que este valor se utiliza cuando se quiere que no influyan valores extremos de una sucesión de datos, ya que representa el valor de posición central en un conjunto de datos ordenados.

Tabla 27. Comparación valores medios/medianos SST para tomate rosa de Barbastro, rama y pera.

Tipo	SST (°Brix)
Tomate rosa de Barbastro	4,5
Tomate rama	4,2
Tomate pera	4,3

En la Figura 38 se muestra la comparación de los sólidos solubles totales en los tres tipos de tomate estudiados –rosa de Barbastro, rama y pera–.

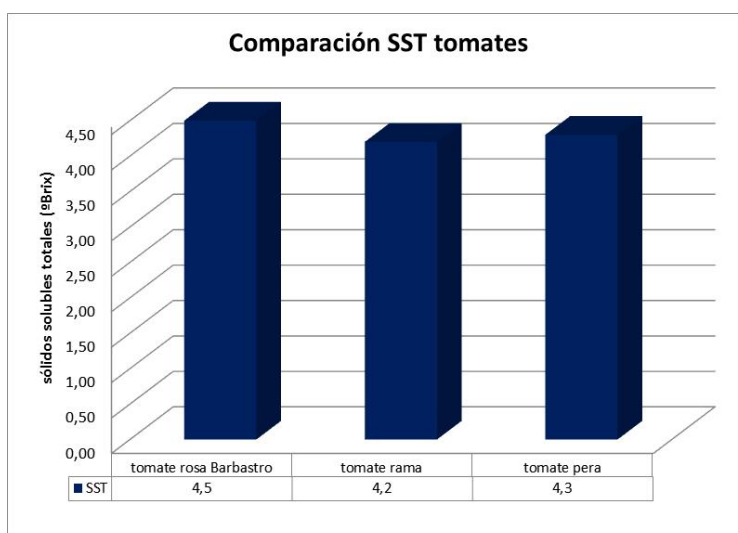


Figura 38. Comparación sólidos solubles totales en los tipos de tomates analizados.

Al comparar los resultados obtenidos para los sólidos solubles totales, se observa que tanto para el tomate rosa de Barbastro como para el tomate rama y pera los valores están

comprendidos entre los 4,0 y los 4,5 °Brix. *Aguayo & Artés, (2004)*, mencionan que valores comprendidos entre 4 y 6 °Brix determinan una calidad óptima para el caso del tomate, así que a la vista de los resultados se puede decir que las tres clases de tomates presentan una calidad óptima para su consumo, mostrando el tomate rosa de Barbastro valores ligeramente más altos de azúcares.

De los factores ambientales que afectan al desarrollo de la planta, la luz es el que tiene efecto más drástico en la concentración de azúcares en la fruta. Generalmente mientras más luz solar llegue al fruto mayor será su contenido en azúcares (*Mikkelsen, 2005*). A este respecto *Kurahashi & Takahashi, (1995)*, afirmaron que los frutos expuestos a una iluminación relativamente intensa tienden a ser más dulces, al presentar mayor contenido en azúcares que los frutos que crecen a la sombra, puesto que la planta es más eficiente fotosintéticamente y aumenta la evapotranspiración, permitiéndole un intercambio gaseoso que mejora el metabolismo y la formación de azúcares. Debido a esto, los tomates cultivados en invernadero podrían ver penalizado su contenido en azúcares al no recibir una radiación solar tan intensa como los cultivados al aire libre, como es el caso del tomate rosa de Barbastro.

En relación a lo comentado anteriormente, se ha de tener en cuenta que gran parte de los tomates de los tipos rama y pera, además de ser producidos en gran proporción en invernadero, han sido en muchos de los casos conservados en cámaras refrigeradas, y esto también afecta a los niveles de azúcares presentes en el tomate cuando éstos llegan al mercado, dado que según *Reina et al., (1998)*, el contenido de sólidos solubles totales en el fruto a partir del octavo día, tras la cosecha, disminuyen considerablemente.

Asimismo, y tal y como se ha explicado en la introducción de este proyecto, el tomate rosa de Barbastro se recolecta en un momento en el que el fruto se considera que está maduro. Puede permanecer más tiempo en la planta, puesto que la etapa de distribución de este tomate es mucho menor que en los principales tipos de tomates comercializados, para los cuales el tiempo que transcurre desde la recolección hasta el consumo del fruto por el consumidor final es mucho mayor, lo que justifica que muchos de estos tomates lleven a cabo su fase de maduración fuera de la planta. Este hecho explicaría también el mayor contenido de azúcares detectado en este tipo de tomate –tomate rosa de Barbastro–, ya que se conoce que la madurez fisiológica del fruto en el momento de la cosecha es uno de los principales determinantes de la calidad, ya que aumenta el contenido en SST en las últimas etapas de la maduración (*Carrari et al.,*

2006). En este sentido, *Cantwell, (2000)*, determinó un incremento del 2,4% al 5,2% de SST entre frutos verdes y maduros.

3.6.3- Análisis de la acidez

Tomate rosa de Barbastro

Para la determinación de la acidez en las muestras de tomate seleccionadas se aplicó el protocolo previamente optimizado que se describe en el apartado 3.2.1. Mediante dicho protocolo se realizó un seguimiento de la acidez a lo largo del periodo de comercialización del tomate rosa de Barbastro, para observar la posible influencia de la *estacionalidad* en la acidez de esta variedad, y posteriormente se realizó la comparación con los resultados obtenidos en tomate pera y tomate rama. Una vez obtenidos los resultados de acidez fueron contrastados con los resultados obtenidos para los sólidos solubles totales, dado que ambos parámetros están relacionados.

En cada uno de los lotes se analizaron cuatro muestras de tomate rosa de Barbastro, formadas por cuatro cuartos de tomate diferentes y se realizaron las medidas de acidez por duplicado. La Tabla 28 muestra los resultados de los valores medios de acidez –expresados en g ácido cítrico/100 g tomate– obtenidos del análisis de cada uno de los tomates.

Tabla 28. Resultados de acidez para los lotes de tomate rosa de Barbastro analizados.

Lote A	acidez (%)	Lote B	acidez (%)
tomate rosa A1	0,36	tomate rosa B1	0,48
tomate rosa A2	0,38	tomate rosa B2	0,41
tomate rosa A3	0,40	tomate rosa B3	0,43
tomate rosa A4	0,36	tomate rosa B4	0,43
media	0,38	media	0,44
Lote C	acidez (%)	Lote D	acidez (%)
tomate rosa C1	0,44	tomate rosa D1	0,39
tomate rosa C2	0,43	tomate rosa D2	0,39
tomate rosa C3	0,42	tomate rosa D3	0,38
tomate rosa C4	0,42	tomate rosa D4	0,38
media	0,43	media	0,39

Lote E	acidez (%)	Lote F	acidez (%)
tomate rosa E1	0,35	tomate rosa F1	0,35
tomate rosa E2	0,34	tomate rosa F2	0,36
tomate rosa E3	0,34	tomate rosa F3	0,36
tomate rosa E4	0,34	tomate rosa F4	0,35
media	0,34	media	0,35

Lote G	acidez (%)	Lote H	acidez (%)
tomate rosa G1	0,38	tomate rosa H1	0,34
tomate rosa G2	0,39	tomate rosa H2	0,33
tomate rosa G3	0,37	tomate rosa H3	0,33
tomate rosa G4	0,37	tomate rosa H4	0,33
media	0,38	media	0,34

En la Figura 39 se muestra la variación existente en la acidez, en el tomate rosa de Barbastro, en el periodo comprendido entre junio–octubre de 2012.

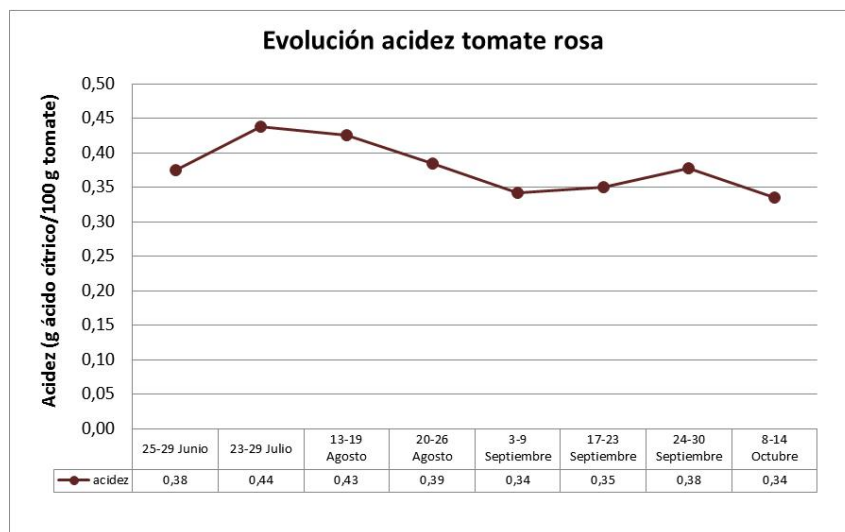


Figura 39. Evolución de la acidez en el tomate rosa de Barbastro.

Como puede observarse en la Figura 39, los valores de acidez del tomate rosa de Barbastro están comprendidos entre el 0,34 % y el 0,43 %. Aguayo & Artes, (2004), mencionan en su trabajo, que el valor óptimo de acidez para el tomate de consumo inmediato debe estar comprendido en el rango del 0,2 % al 0,6 %. Por su parte Kader, (1986), considera que una acidez de 0,4 % es deseable para que un tomate de mesa tenga buen sabor. En base a estas afirmaciones, se puede destacar que el tomate rosa de

Barbastro presenta valores de acidez dentro del rango óptimo durante toda la etapa de análisis.

Señalar que los valores de acidez fueron menores en las muestras analizadas en los extremos de la temporada de cosecha (junio y octubre). Esto es debido a que las condiciones agronómicas y ambientales en esas fechas son diferentes con la consecuente influencia sobre la composición química del fruto.

Tomate pera y rama

Para llevar a cabo la comparación de la acidez se analizaron cuatro lotes de tomate rama y cuatro lotes de tomate pera. Para cada uno de los lotes se realizaron las medidas de acidez por duplicado. Se analizaron los mismos tomates rama y pera que en el caso de los sólidos solubles totales.

La Tabla 29 muestra los resultados de acidez –expresados en g ácido cítrico/100 g tomate– obtenidos del análisis de cada uno de los lotes de tomate rama y tomate pera.

Tabla 29. Resultados de acidez para los lotes de tomate rama y pera analizados.

Lote A	acidez (%)	Lote B	acidez (%)
tomate rama A1	0,26	tomate rama B1	0,30
tomate rama A2	0,26	tomate rama B2	0,35
tomate rama A3	0,26	tomate rama B3	0,33
tomate rama A4	0,25	tomate rama B4	0,28
media	0,26	media	0,31
Lote C	acidez (%)	Lote D	acidez (%)
tomate rama C1	0,31	tomate rama D1	0,28
tomate rama C2	0,29	tomate rama D2	0,30
tomate rama C3	0,28	tomate rama D3	0,29
tomate rama C4	0,31	tomate rama D4	0,31
media	0,30	media	0,30

Lote A	acidez (%)	Lote B	acidez (%)
tomate pera A1	0,24	tomate pera B1	0,25
tomate pera A2	0,24	tomate pera B2	0,27
tomate pera A3	0,25	tomate pera B3	0,26
tomate pera A4	0,25	tomate pera B4	0,28
media	0,25	media	0,27
Lote C	acidez (%)	Lote D	acidez (%)
tomate pera C1	0,25	tomate pera D1	0,25
tomate pera C2	0,27	tomate pera D2	0,26
tomate pera C3	0,25	tomate pera D3	0,26
tomate pera C4	0,24	tomate pera D4	0,26
media	0,25	media	0,26

Tal y como muestra la tabla anterior, el tomate rama presenta mayor acidez que el pera, con valores entre 0,26 % y 0,31 % para el primero y entre 0,25 % y 0,27 % para el segundo. El test ANOVA para comparar estos resultados ($n=32$), mostró diferencias significativas entre la acidez de ambos tomates al obtener valores de $p<0,05$ (Tabla 30).

Tabla 30. ANOVA de un factor. Comparación acidez entre tomates rama y pera. Significación de la variedad de tomate en el nivel de ácidos.

ANOVA (acidez pera/rama)	Sig.
Inter-grupos	<0,0001

Estos resultados fueron acordes con las clasificaciones taxonómicas del tomate consultadas, en las que se afirma que el tomate pera se caracteriza por su carnosidad resultando un fruto dulce y sabroso, si bien el tomate rama tiene un buen sabor, más bien agri dulce (*Illescas & Bacho, 2005*).

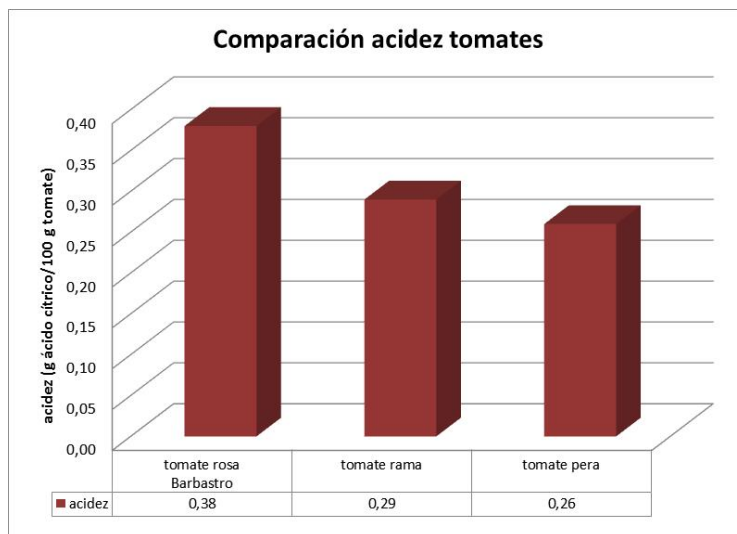
Estudio comparativo

En la Tabla 31 se muestran los valores medios de acidez en los lotes de tomates analizados para el caso de las variedades de tomate rama y pera, mientras que para el caso del tomate rosa de Barbastro se muestra la mediana.

Tabla 31. Comparación valores medios/medianos acidez tomate rosa, rama y pera.

<i>Tipos</i>	<i>acidez (g/100 g)</i>
Tomate rosa de Barbastro	0,38
Tomate rama	0,29
Tomate pera	0,26

En la Figura 40 se muestra la comparación de los valores de acidez en los tres tipos de tomate estudiados.

**Figura 40.** Comparación acidez en los tres tipos de tomate estudiados.

A la vista de los resultados obtenidos para la acidez en los tres tipos de tomate estudiados se observa que, a diferencia de los azúcares donde existían pequeñas variaciones entre los tres tipos, ahora existe una mayor diferencia entre el valor mediano de la acidez del tomate rosa de Barbastro –0,38 g/100 g tomate– frente al valor medio de los tomates rama y pera –0,29 y 0,26 g/100 g tomate, respectivamente–.

Las condiciones de crecimiento influyen en el contenido de ácidos del tomate, así un tomate madurado en la planta va desarrollando su acidez hasta que empieza a desarrollar su color, momento a partir del cual es recolectado (*Shinohara et al., 1982*). En el tomate rosa de Barbastro la maduración se produce en la planta, con lo cual, se acumulan los ácidos orgánicos propios de esa etapa de maduración fisiológica, si bien, otros tipos de tomates se suelen recolectar en la planta cuando todavía no han madurado, y se maduran artificialmente a través de atmosferas modificadas. Las atmosferas modificadas producen cambios en el pH, los SST, y la acidez de los frutos, produciendo, entre otros aspectos, la disminución de la concentración de ácidos (*Gómez & Camelo, 2002*).

En este sentido cabe destacar que, además del manejo del cultivo y del fruto en postcosecha, la acidez del tomate y la relación entre el ácido málico y el ácido cítrico dependen en gran medida de la variedad del fruto (Nuez, 2003).

3.6.4- Índice de madurez

Tomate rosa de Barbastro

Tras la obtención de los datos de sólidos solubles totales y acidez de los análisis de tomate rosa de Barbastro se calculó el índice de madurez (IM), dada la relación existente entre ambos parámetros nutricionales, tal y como ya se ha comentado anteriormente. El índice de madurez se calculó tal y como se especifica en el apartado 2.3.2, para cada uno de los lotes de tomate rosa de Barbastro analizados. La Tabla 32 muestra los resultados de índice de madurez obtenidos del análisis de cada uno de los lotes de tomate rosa de Barbastro.

Tabla 32. Índice de madurez para los lotes de tomate rosa de Barbastro analizados.

Lote A	IM	Lote B	IM
tomate rosa A1	13,1	tomate rosa B1	9,2
tomate rosa A2	12,1	tomate rosa B2	10,0
tomate rosa A3	11,9	tomate rosa B3	10,1
tomate rosa A4	13,2	tomate rosa B4	10,0
media	12,6	media	9,9
Lote C	IM	Lote D	IM
tomate rosa C1	11,4	tomate rosa D1	12,2
tomate rosa C2	12,0	tomate rosa D2	12,0
tomate rosa C3	12,1	tomate rosa D3	12,7
tomate rosa C4	12,1	tomate rosa D4	12,8
media	11,9	media	12,4
Lote E	IM	Lote F	IM
tomate rosa E1	13,2	tomate rosa F1	13,1
tomate rosa E2	13,4	tomate rosa F2	12,8
tomate rosa E3	13,3	tomate rosa F3	12,8
tomate rosa E4	12,9	tomate rosa F4	12,8
media	13,2	media	12,9

Lote G	IM	Lote H	IM
tomate rosa G1	10,4	tomate rosa H1	8,5
tomate rosa G2	10,2	tomate rosa H2	8,6
tomate rosa G3	10,5	tomate rosa H3	9,3
tomate rosa G4	10,9	tomate rosa H4	9,3
<i>media</i>	10,6	<i>media</i>	9,0

En la Figura 41 se muestra la variación existente en el índice de madurez en el tomate rosa de Barbastro analizado.

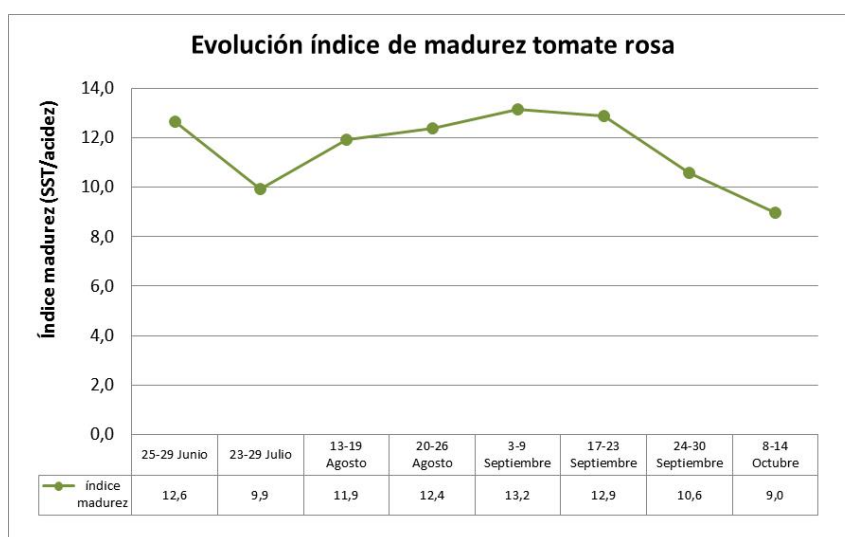


Figura 41. Evolución del índice de madurez en el tomate rosa de Barbastro.

El índice de madurez es la relación SST/acidez, lo cual indica que un incremento en los sólidos solubles o una disminución en la acidez titulable pueden provocar un aumento en el índice de madurez del fruto (Reina, 1998). Como puede observarse en la Figura 41, los tomates analizados pertenecientes a los meses de agosto y principios de septiembre son aquellos que mostraron mayor índice de madurez –tal y como cabe esperar dado que en ellos también se detectaron los mayores valores de SST–, mientras que los tomates de finales de la temporada –finales de septiembre y octubre– mostraron menor índice de madurez, por ser los que resultaron con menor cantidad de SST para valores similares de acidez.

Rivera *et al.*, (2007) señalaron que a partir de un valor de índice de madurez de 10, los tomates pueden considerarse sabrosos. Teniendo en cuenta esta afirmación, en este estudio se puede observar que los tomates rosas de Barbastro de junio hasta mediados de septiembre presentaron un nivel de maduración apropiado (>10), si bien, a partir de

esta fecha el índice de madurez disminuyó rozando estos valores, lo que indica que el tomate, aunque puede considerarse organolépticamente adecuado, ya no presenta su madurez óptima.

Esto es debido, como se ha indicado anteriormente, a factores medioambientales, como la intensidad lumínica y la temperatura, que en el primer y último periodo de estudio son menores y no son las más óptimas, y condicionan la síntesis de azúcares. El tomate por más tiempo que se deje en la planta no va a llegar al punto de dulzor que llegaría en agosto, y su índice de madurez (SST/acidez) será menor que en las condiciones medioambientales óptimas.

Tomate rama y pera

La Tabla 33 muestra los resultados del índice de madurez obtenidos del análisis de cada uno de los lotes de tomate rama y tomate pera.

Tabla 33. Resultados índice de madurez lotes de tomate rama y pera analizados.

Lote A	IM	Lote B	IM
tomate rama A1	18,6	tomate rama B1	14,0
tomate rama A2	19,4	tomate rama B2	11,5
tomate rama A3	19,0	tomate rama B3	12,8
tomate rama A4	19,8	tomate rama B4	14,4
media	19,2	Media	13,2
Lote C	IM	Lote D	IM
tomate rama C1	12,8	tomate rama D1	14,1
tomate rama C2	13,4	tomate rama D2	13,2
tomate rama C3	13,5	tomate rama D3	13,9
tomate rama C4	12,9	tomate rama D4	12,1
media	13,3	Media	14,1
Lote A	IM	Lote B	IM
tomate pera A1	20,5	tomate pera B1	14,6
tomate pera A2	20,7	tomate pera B2	13,0
tomate pera A3	20,0	tomate pera B3	14,0
tomate pera A4	18,1	tomate pera B4	13,4
media	19,9	Media	13,7

Lote C	IM	Lote D	IM
tomate pera C1	15,7	tomate pera D1	17,8
tomate pera C2	15,5	tomate pera D2	16,4
tomate pera C3	17,1	tomate pera D3	14,9
tomate pera C4	18,1	tomate pera D4	19,0
media	16,6	Media	17,0

Tal y como muestra la tabla anterior, no se observan grandes diferencias entre los valores del índice de madurez detectados para el tomate rama y el tomate pera, mostrando variaciones entre 13,2–19,2 para el primero y entre 13,7–19,9 para el segundo. Aplicando un test ANOVA para comparar estos resultados ($n=32$), no se observan diferencias significativas entre los índices de madurez determinados en ambos tipos de tomate ya que se obtiene una $p>0,05$.

Tabla 34. ANOVA de un factor. Comparación índice madurez entre tomates rama y pera. Significación de la variedad de tomate en el índice de madurez.

ANOVA (índice madurez pera/rama)	Sig.
Inter-grupos	0,371

Estudio comparativo

En la Tabla 35 se muestran los valores medios de índice de madurez en los lotes de tomates analizados para el caso de los tomates rama y pera, mientras que para el caso del tomate rosa de Barbastro se muestra la mediana.

Tabla 35. Comparación valores medios índice de madurez tomate rosa, rama y pera.

Tipo	índice madurez
Tomate rosa de Barbastro	12,2
Tomate rama	14,9
Tomate pera	16,8

Los resultados que se obtienen en la Tabla 35 muestran que el tomate que menor índice de madurez presenta es el tomate rosa de Barbastro, seguido del tomate rama y del tomate pera. Aunque se le denomina índice de madurez se trata de una relación entre el contenido en azúcares y la acidez que presenta el fruto del tomate. tal y como se muestra en las Tablas 24 y 28, el tomate rosa de Barbastro es el que presenta mayor

cantidad de azúcares y, sobre todo mayor acidez, de ahí que su dato de índice de madurez está cercano al 10.

En la Figura 42 se muestra la comparación, de manera gráfica, del índice de madurez en las tres variedades de tomate estudiadas.

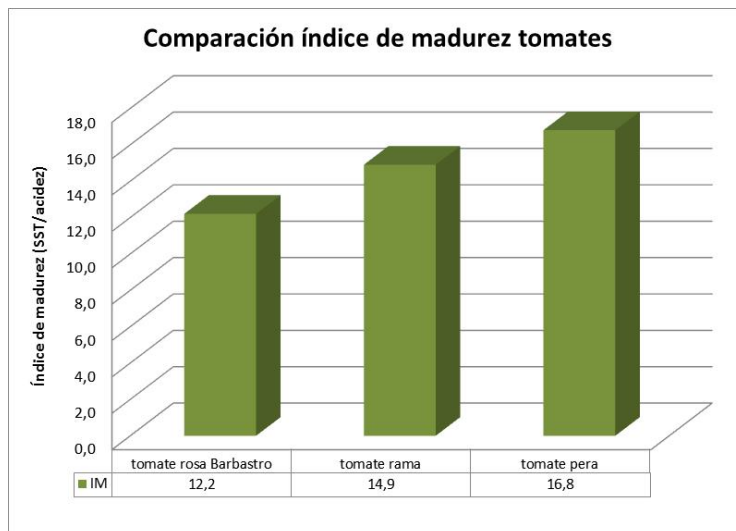


Figura 42. Comparación índice de madurez en los tipos de tomate estudiados.

Baldwin *et al.*, (1998), consideraron que la relación entre los sólidos solubles totales y la acidez es un buen indicador para el sabor y el aroma de los tomates. En general, se ha encontrado que el gusto humano relaciona la intensidad del sabor con los sólidos solubles y con la acidez. Una relación entre altas cantidades de azúcar y ácido es la ideal para un buen sabor del tomate, mientras que bajos contenidos de ambos parámetros se relacionan con tomates insípidos (Kader, 1986). En este sentido, en este trabajo se observa que el tomate rosa de Barbastro es el que mejor relación SST/acidez presenta, ya que muestra un valor mediano alto de SST –similar al del tomate rama y pera–, y presenta también un valor mediano muy alto de acidez titulable –el doble que el tomate rama y pera–.

Estos resultados pueden ser debidos al proceso de maduración al que se somete al tomate rosa de Barbastro, ya que se conoce que los tomates que alcanzan una madurez avanzada en el campo antes de ser cosechados, tienen un mejor sabor que aquellos que se cosechan cuando se encuentran todavía verdes y que son madurados posteriormente (Jordan *et al.*, 1986)

Teniendo en cuenta todos los parámetros de calidad analizados, Kader *et al.*, (1978) afirmaron que frutos de alta calidad son aquellos que presentan más de 0,3 % de acidez,

más de 3 °Brix y una relación SST/acidez mayor de 10. El único de los tomates estudiados que cumple los tres requisitos es el tomate rosa de Barbastro –0,38 % acidez, 4,5 °Brix de sólidos solubles totales y un índice de madurez de 12,2–, por lo que se puede destacar la alta calidad de esta variedad.

A modo resumen en la Figura 43 se representan gráficamente la comparación entre las tres variedades de tomate estudiadas, para los tres parámetros determinados –sólidos solubles, acidez e índice de madurez–. Para poder apreciar las diferencias entre los tres tipos de tomates, la acidez se ha multiplicado por 10.

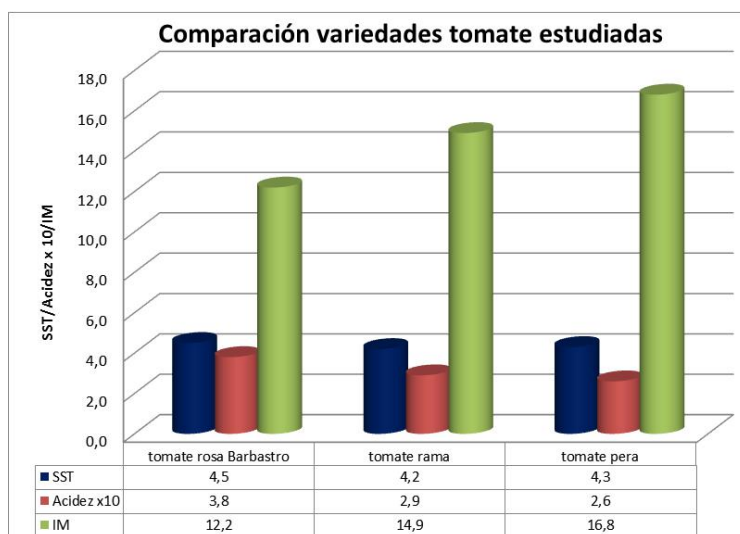


Figura 43. Comparación SST, acidez (x 10) e IM en los tres tipos de tomate estudiados.

3.6.5- Análisis del contenido en licopeno

Tomate rosa de Barbastro

Para la determinación del contenido en licopeno en las muestras de tomate seleccionadas se aplicó el protocolo previamente optimizado que se describe en el apartado 3.4.1. Mediante dicho protocolo se realizó un seguimiento en el contenido en licopeno a lo largo del periodo de comercialización del tomate rosa de Barbastro para observar la posible influencia de la *estacionalidad* en la cantidad de licopeno para esta variedad, y posteriormente se realizó la comparación con los resultados obtenidos en tomate pera y tomate rama. Señalar que para la determinación de este parámetro sólo se analizaron los tomates de los lotes C, D, E, F, G y H; ya que en la fecha en la que se realizaron los análisis ya no se dispuso de tomates de los lotes A y B.

En cada uno de los lotes se analizaron tres muestras de tomate rosa de Barbastro, formadas por cuatro cuartos de tomate diferentes y las medidas del contenido de licopeno se realizaron por triplicado. La Tabla 36 muestra los resultados obtenidos del contenido en licopeno, expresados en mg/kg tomate, para los lotes de tomate rosa analizados.

Tabla 36. Contenido en licopeno para los lotes de tomate rosa de Barbastro analizados.

Lote C	licopeno (mg/kg)	Lote D	licopeno (mg/kg)
tomate rosa C1	31,86	tomate rosa D1	25,36
tomate rosa C2	27,74	tomate rosa D2	32,16
tomate rosa C3	30,25	tomate rosa D3	18,48
media	29,95	media	28,76
Lote E	licopeno (mg/kg)	Lote F	licopeno (mg/kg)
tomate rosa E1	29,39	tomate rosa F1	28,44
tomate rosa E2	28,64	tomate rosa F2	28,61
tomate rosa E3	28,70	tomate rosa F3	27,80
media	28,91	media	28,28
Lote G	licopeno (mg/kg)	Lote H	licopeno (mg/kg)
tomate rosa G1	20,85	tomate rosa H1	14,50
tomate rosa G2	18,69	tomate rosa H2	14,78
tomate rosa G3	17,87	tomate rosa H3	13,50
media	19,14	media	14,26

En la Figura 44 se muestra la variación existente en el contenido en licopeno en el tomate rosa de Barbastro analizado.

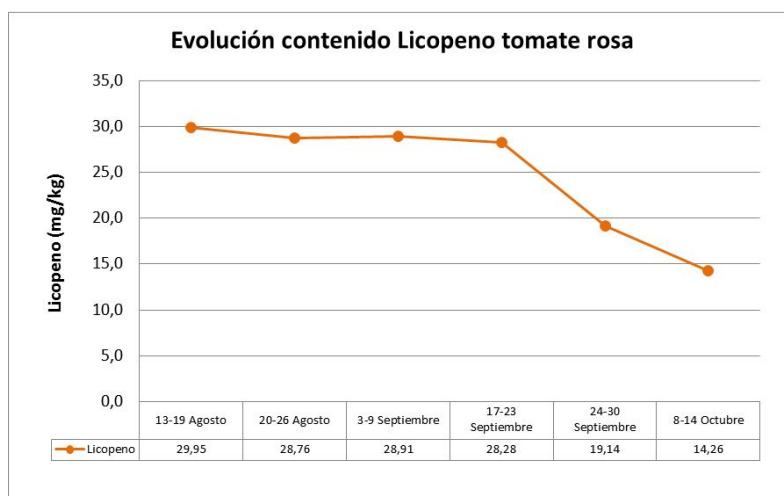


Figura 44. Evolución del contenido en licopeno en el tomate rosa de Barbastro.

En el gráfico se puede observar que los tomates rosa de Barbastro comprados entre agosto y mediados de septiembre –periodo en el que el tomate rosa se encuentra en su punto más óptimo– muestran unos valores de licopeno altos y estables (28–30 mg/kg), a y a partir de entonces el contenido en licopeno desciende.

Esta variabilidad en el contenido de licopeno, a lo largo del ciclo de producción, puede tener diversas explicaciones. Según *Raffo et al., (2006)*, los factores medioambientales pueden afectar al contenido de antioxidantes en tomates. La alta intensidad de luz favorece el contenido en carotenoides en general, y en especial el del licopeno (*Dumas et al., 2002*). Existen estudios que evidencian el papel positivo de la luz solar y de ciertas longitudes de onda sobre la síntesis de este componente. La luz ultravioleta comprendida entre los 200–283 nm y la luz infrarroja de 610–750 nm pueden actuar como reguladores de la síntesis y acumulación de carotenoides en los frutos, especialmente del licopeno durante el almacenamiento (*Liu et al., 2009*; *Maharaj et al., 2010*).

La síntesis de licopeno se inicia con temperaturas superiores a 16 °C, es óptima a los 22–25 °C y se inhibe a partir de los 30 °C (*Leoni, 1999*). Además, la acumulación de licopeno se bloquea con unos valores de radiación superior a los 650 W/m² afectando, por tanto, al color rojo homogéneo del fruto (*Adegoye & Jolliffe, 1987*).

En la Figura 45 se muestran temperaturas medias, por meses, medidas en la estación meteorológica de Monflorite (Huesca) durante el año 2012 y se observa que en ninguno de los meses de verano la temperatura media alcanza los 30 °C.

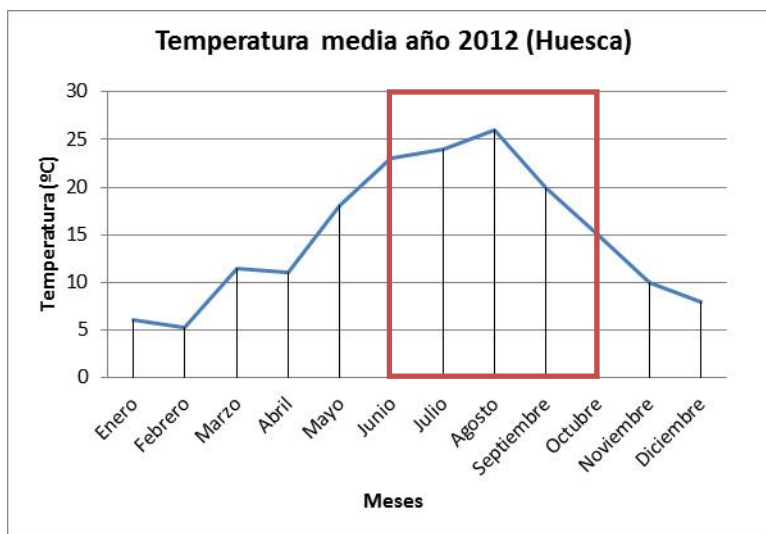


Figura 45. Datos medios temperatura estación Monflorite (Huesca) (IAEST 2013).

En la Figura 46 se muestran los datos medios de irradiación solar en la provincia de Zaragoza para el año agrícola 2011–2012, expresados en W/m^2 , en la que se puede observar valores de radiación inferiores al valor de radiación solar a partir del cual se bloquea la síntesis del licopeno -650 W/m^2 .

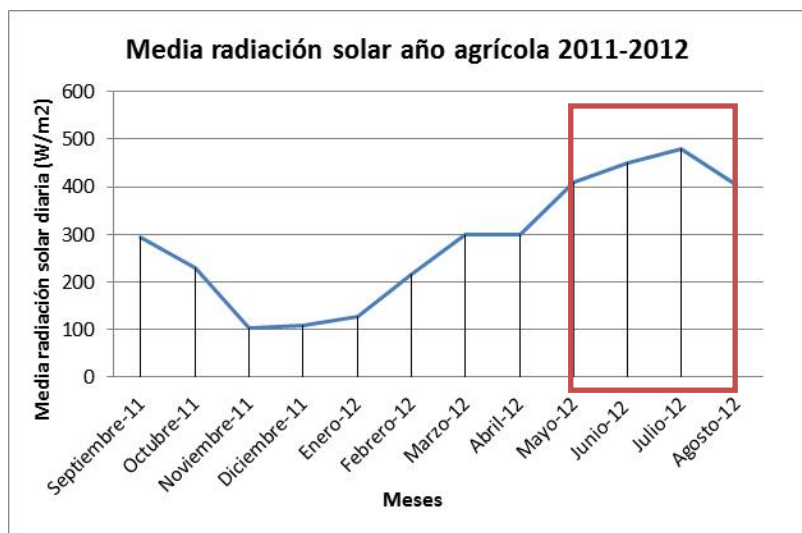


Figura 46. Datos medios mensuales irradiación solar global 2011-2012, (IAEST 2013).

A este respecto, otro factor que afecta a la concentración de licopeno en frutos de tomate es la composición genética y la interacción del genotipo con el ambiente en el que se desarrolla (Raffo et al., 2006).

Asimismo, la concentración final de licopeno se ve influenciada por la disponibilidad de agua, siendo la escasez de ésta la que podría producir un aumento en el contenido de este carotenoide (*Dumas et al., 2003; Mahajan & Singh, 2006; Favati et al., 2009*). Además, la disponibilidad de nutrientes en el sustrato también parece poder regular el contenido en carotenoides como el licopeno. La presencia de potasio (K) y fósforo (P) parecen estar involucrados en un aumento del contenido de licopeno, mientras que el nitrógeno (N), por el contrario, parece influir de manera negativa en la concentración del mismo, hecho relacionado con el aumento del follaje por un incremento de la disponibilidad de N, que permite una menor incidencia de la luz sobre el fruto (*Dorais et al., 2008*)

Tomate pera y rama

Para llevar a cabo la comparación del contenido en licopeno entre el tomate rosa de Barbastro y los tomates pera y rama, se analizaron cuatro lotes de tomate rama y cuatro lotes de tomate pera. Para cada uno de los lotes se realizaron las medidas de licopeno por triplicado.

La Tabla 37 muestra los resultados del contenido en licopeno –expresados en mg/kg– obtenidos del análisis de cada uno de los lotes de tomate rama y tomate pera.

Tabla 37. Resultados contenido en licopeno lotes de tomate rama y pera analizados.

Lote E	licopeno (mg/kg)	Lote F	licopeno (mg/kg)
tomate rama E1	40,10	tomate rama F1	39,70
tomate rama E2	39,20	tomate rama F2	41,25
tomate rama E3	39,40	tomate rama F3	39,11
media	39,56	media	40,02
Lote G	licopeno (mg/kg)	Lote H	licopeno (mg/kg)
tomate rama G1	41,30	tomate rama H1	36,00
tomate rama G2	39,22	tomate rama H2	41,27
tomate rama G3	40,05	tomate rama H3	40,44
media	40,19	media	39,23

Lote E	licopeno (mg/kg)	Lote F	licopeno (mg/kg)
tomate pera E1	43,88	tomate pera F1	49,50
tomate pera E2	34,39	tomate pera F2	47,50
tomate pera E3	41,92	tomate pera F3	46,27
media	40,07	media	47,76
Lote G	licopeno (mg/kg)	Lote H	licopeno (mg/kg)
tomate pera G1	41,42	tomate pera H1	57,52
tomate pera G2	41,59	tomate pera H2	52,78
tomate pera G3	49,25	tomate pera H3	57,87
media	44,09	media	56,06

Tal y como se muestra en la tabla anterior, se observan diferencias entre los valores de licopeno detectados para el tomate rama y el tomate pera, mostrando variaciones entre 39,23–40,19 mg/kg para el primero y entre 40,07–56,06 mg/kg para el segundo. Aplicando un test ANOVA para comparar estos resultados ($n=32$), no se observan diferencias significativas entre ambos tipos de tomate ya que se obtiene una $p>0,05$.

Tabla 38. ANOVA de un factor. Comparación contenido licopeno entre tomates rama y pera. Significación de la variedad de tomate en el contenido de licopeno.

ANOVA (licopeno pera/rama)	Sig.
Inter-grupos	0,078

Estudio comparativo

En la Tabla 39 se muestran los valores medios del contenido en licopeno de los lotes de tomates analizados para el caso de los tipos de tomate rama y pera, mientras que para el caso del tomate rosa de Barbastro se muestran los datos de la mediana.

Tabla 39. Comparación valores medios/medianos licopeno tomate rosa, rama y pera.

Tipo	promedio licopeno (mg/kg)
Tomate rosa de Barbastro	28,52
Tomate rama	39,75
Tomate pera	46,99

En la Figura 47 se muestra la comparación de los valores de licopeno para los tres tipos de tomate estudiados.

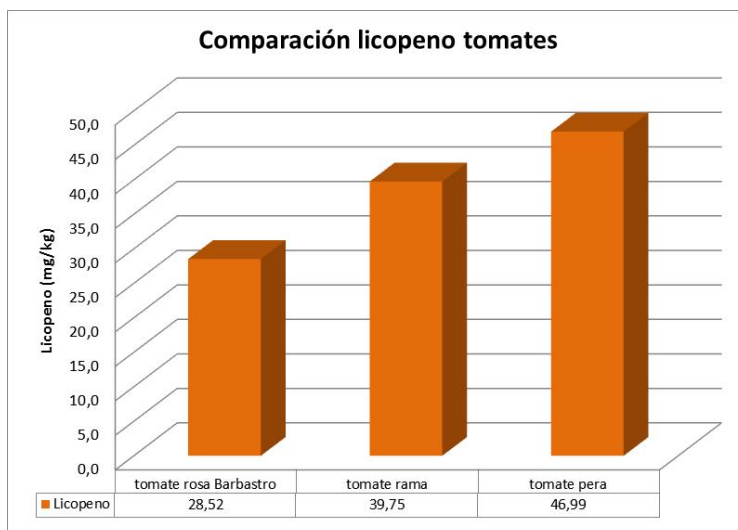


Figura 47. Comparación contenido en licopeno en los tres tipos de tomate estudiados.

Tal y como se puede apreciar a simple vista, el contenido en licopeno del tomate rosa de Barbastro es el más bajo con diferencia –28,52 mg/kg–, frente a los valores del tomate rama –39,75 mg/kg– y sobre todo del tomate pera –46,99 mg/kg–, tal y como cabía esperar por la tonalidad rojiza que presentan los tres tipos de tomates. El tomate más rojo y que por tanto presenta mayor contenido en licopeno es el tomate pera y el que presenta tonalidad rosa, y por tanto menor contenido en licopeno, es el tomate rosa de Barbastro.

Además, de lo comentado anteriormente en relación a la síntesis de licopeno en el tomate en función de la intensidad de la radiación y la temperatura, el contenido de antioxidantes –tales como el licopeno– en el tomate puede variar de acuerdo a distintos factores como son la variedad (*Martínez-Valverde et al., 2002; García-Valverde et al., 2011*), las condiciones de cultivo (*Zushi & Matsuzoe, 1998; Fanasca et al., 2006*), el estado de maduración (*Periago et al., 2009; García-Valverde et al., 2011*), procesado tecnológico (*Gahler, et al., 2003; Pérez-Conesa et al., 2009; Jacob et al., 2010*) y las condiciones de almacenamiento (*Toor & Savage, 2006*).

Todos estos factores afectan al contenido en licopeno para los tres tipos de tomates estudiados, dado que para cada uno de ellos han existido diferentes condiciones de cultivo, estado de maduración, procesado y condiciones de almacenamiento, además de la propia variabilidad propia del tipo de tomate seleccionado. Autores como *Abushita et al., (2000)*, *Toor & Savage, (2005)* y *García-Valverde et al., (2011)*, ya han establecido que el contenido de carotenoides en variedades distintas de tomates, tanto para su

consumo en fresco como para industria, pone de manifiesto que el genotipo, después del estado de madurez, es una variable que afecta de manera importante al contenido en este tipo de compuestos.

Nguyen & Schwartz, (1999), recogen en su trabajo un contenido de licopeno en las variedades comunes de tomate que oscila entre los 31–77 mg/kg tomate fresco. *Khachik et al., (1992)*, dan valores de contenido en licopeno de 39,2 mg/kg tomate fresco. Dichos valores concuerdan con los encontrados en los tipos de tomates estudiados en este proyecto, si bien no son los mismos, los valores se encuentran dentro de los rangos establecidos.

Otras referencias bibliográficas muestran valores de licopeno en tomate muy variables, que van entre 43,6 y 181 mg/kg de tomate fresco. Estas variaciones, tal y como se ha indicado anteriormente, se atribuyen a condiciones ambientales de los cultivos y a diferentes genotipos (*Meredith & Purcell, 1966; Davies & Hobson, 1981; Hart & Scott, 1995*).

3.6.6- Análisis del contenido en ácido ascórbico y vitamina C

Tomate rosa de Barbastro

Para la determinación del contenido en ácido ascórbico y vitamina C en las muestras de tomate seleccionadas se aplicó el protocolo previamente optimizado que se describe en el apartado 3.5.2. Mediante dicho protocolo se realizó un seguimiento en el contenido en ácido ascórbico y vitamina C, a lo largo del periodo de comercialización del tomate rosa de Barbastro, para observar la posible influencia de la *estacionalidad* en las concentraciones encontradas para esta variedad, y posteriormente se realizó la comparación con los resultados obtenidos en tomate pera y tomate rama. Señalar que para la determinación de este parámetro, al igual que en el caso del licopeno, sólo se analizaron los tomates de los lotes C, D, E, F, G y H; ya que en la fecha en la que se realizaron los análisis ya no se dispuso de tomates de los lotes A y B.

En cada uno de los lotes se analizaron tres muestras de tomate rosa de Barbastro, formadas por cuatro cuartos de tomate diferentes y las medidas del contenido en ácido ascórbico y vitamina C se realizaron por triplicado. La Tabla 40 muestra los resultados obtenidos del contenido en ácido ascórbico y vitamina C, expresados en mg/100 g tomate, para los lotes de tomate rosa de Barbastro analizados.

Tabla 40. Contenido en ácido ascórbico y vitamina C para los lotes de tomate rosa de Barbastro analizados.

Lote C	(mg/100 g)		Lote D	(mg/100 g)	
	ascórbico	vitamina C		ascórbico	vitamina C
tomate rosa C1	17,68	40,66	tomate rosa D1	20,11	39,58
tomate rosa C2	18,76	57,88	tomate rosa D2	18,06	40,90
tomate rosa C3	20,30	53,71	tomate rosa D3	19,83	51,78
media	18,91	50,75	media	19,33	44,09
Lote E	(mg/100 g)		Lote F	(mg/100 g)	
	ascórbico	vitamina C		ascórbico	vitamina C
tomate rosa E1	19,20	44,83	tomate rosa F1	10,38	21,06
tomate rosa E2	19,21	42,89	tomate rosa F2	10,63	21,23
tomate rosa E3	20,39	48,69	tomate rosa F3	10,62	23,52
media	19,60	45,47	media	10,54	21,94
Lote G	(mg/100 g)		Lote H	(mg/100 g)	
	ascórbico	vitamina C		ascórbico	vitamina C
tomate rosa G1	7,69	19,52	tomate rosa H1	2,64	13,68
tomate rosa G2	8,78	24,73	tomate rosa H2	3,13	12,47
tomate rosa G3	8,97	18,52	tomate rosa H3	1,87	15,60
media	8,48	20,92	media	2,55	13,92

En la Figura 48 se muestra la variación existente en el contenido en ácido ascórbico (barras) y vitamina C (línea) medida en el tomate rosa de Barbastro analizado.

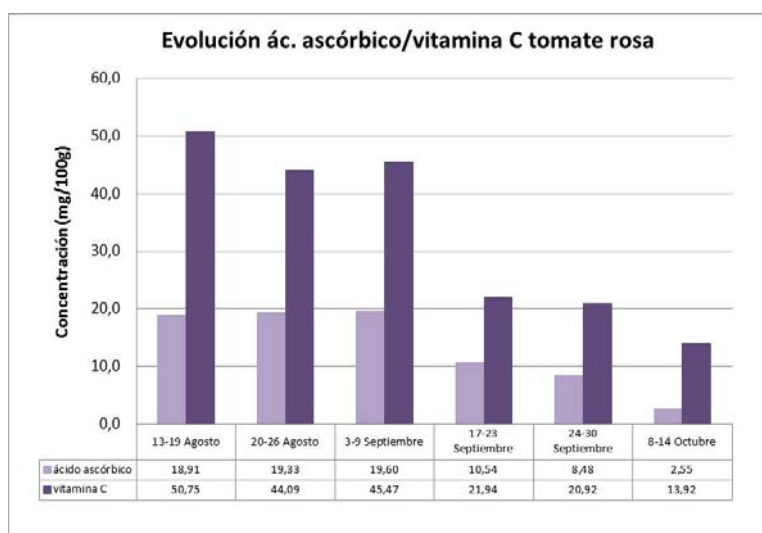


Figura 48. Evolución del contenido en ácido ascórbico y vitamina C en el tomate rosa.

A la vista de los resultados que se muestran en la Figura 48, se puede decir que el contenido en ácido ascórbico en el mes de agosto y a principios de septiembre –cuando más óptimo está el fruto para su consumo– permanece prácticamente estable en torno a los 20 mg/100 g. A partir de mediados de septiembre y hasta octubre comienza a descender, prácticamente de manera lineal, hasta llegar a los 2,5 mg/100 g en la última muestra. En el caso de la vitamina C, se observa la misma tendencia que en el caso del ácido ascórbico.

Se sabe que la exposición de los tomates a la luz favorece la acumulación de vitamina C (*Lee & Kader, 2000; Dumas et al., 2003; Raffo et al., 2006*). Según *Raffo et al., (2006)*, la cantidad de vitamina C total no cambia durante la maduración, sino que en realidad hay una transformación del ácido ascórbico a dehidroascórbico que se cifra entre el 22–54% del total de vitamina C. Investigaciones posteriores determinan que el estado de maduración del fruto también parece influir de una manera directa sobre el contenido de esta vitamina (*Jiménez et al., 2002; Cano et al., 2003*). En este sentido, *Periago et al., (2009)*, encontraron diferencias en el contenido de vitamina C en tres estadios de maduración (verde inmaduro, rosa y rojo maduro) de tres variedades de tomate analizadas, encontrando un contenido creciente de vitamina C conforme la maduración avanzaba.

Según *Shewfelt, (1990)*, la acumulación máxima de vitamina C en tomate tiene lugar entre los 27 °C y los 30 °C, este dato justificaría que los niveles de vitamina C más altos obtenidos en este estudio pertenecen a los tomates rosas de Barbastro analizados para principios/mediados de septiembre, ya que las mayores temperaturas se han alcanzado a lo largo del mes de agosto. Por otro lado, la radiación tiende a ejercer un efecto positivo sobre el contenido en esta vitamina (*Dumas et al., 2003*), aunque según los datos obtenidos podría decirse que el contenido en vitamina C se ve más afectado por la temperatura que por la radiación.

Tomate rama y pera

Para llevar a cabo la comparación del contenido en ácido ascórbico y vitamina C entre el tomate rosa de Barbastro y los tomates pera y rama, se analizaron cuatro lotes de cada uno de ellos. Para cada uno de los lotes se realizaron las medidas de licopeno por triplicado.

La Tabla 41 muestra los resultados del contenido en ácido ascórbico y vitamina C –expresados en mg/100 g– obtenidos del análisis de cada uno de los lotes de tomate rama y tomate pera.

Tabla 41. Resultados contenido ácido ascórbico y vitamina C en tomate rama y pera.

Lote C	(mg/100 g)		Lote D	(mg/100 g)	
	ascórbico	vitamina C		ascórbico	vitamina C
tomate rama C1	8,23	17,83	tomate rama D1	11,20	19,88
tomate rama C2	8,37	19,31	tomate rama D2	10,27	14,37
tomate rama C3	8,32	15,83	tomate rama D3	11,90	14,98
media	8,31	17,66	media	11,12	16,41
Lote E	(mg/100 g)		Lote F	(mg/100 g)	
	ascórbico	vitamina C		ascórbico	vitamina C
tomate rama E1	9,82	15,15	tomate rama F1	10,53	19,44
tomate rama E2	10,09	14,65	tomate rama F2	12,36	20,09
tomate rama E3	9,97	17,70	tomate rama F3	7,05	16,81
media	9,96	15,83	media	11,44	19,76
Lote C	(mg/100 g)		Lote D	(mg/100 g)	
	ascórbico	vitamina C		ascórbico	vitamina C
tomate pera C1	15,10	23,82	tomate pera D1	12,33	21,26
tomate pera C2	15,84	24,15	tomate pera D2	14,57	28,83
tomate pera C3	15,02	-	tomate pera D3	17,13	30,06
media	15,32	23,98	media	14,67	26,72
Lote E	(mg/100 g)		Lote F	(mg/100 g)	
	ascórbico	vitamina C		ascórbico	vitamina C
tomate pera E1	14,20	31,13	tomate pera F1	17,89	29,73
tomate pera E2	18,28	30,39	tomate pera F2	14,89	29,30
tomate pera E3	14,91	26,51	tomate pera F3	15,90	31,33
media	15,80	29,34	media	16,23	30,12

Tal y como muestra la tabla anterior, se observan diferencias entre los valores de vitamina C y ácido ascórbico detectados para el tomate rama y el pera, mostrando variaciones para la vitamina C entre 15,83–19,76 mg/100 g para el primero y entre 23,98–30,12 mg/100 g para el segundo. En el caso del ácido ascórbico se observan variaciones entre 8,31–11,44 g/100 g para el primero y entre 14,67–15,32 mg/100 g

para el segundo. Aplicando un test ANOVA para comparar estos resultados (n=32), se observan diferencias significativas entre ambos tipos de tomates tanto para el contenido de vitamina C (con una $p < 0,05$) como para el de ácido ascórbico (con una $p < 0,05$).

Tabla 42. ANOVA de un factor. Comparación contenido ácido ascórbico y vitamina C entre tomates rama y pera. Significación de la variedad de tomate en el contenido de ácido ascórbico y vitamina C.

<i>ANOVA (ácido ascórbico pera/rama)</i>	<i>Sig.</i>
Inter-grupos	0,001
<i>ANOVA (vitamina C pera/rama)</i>	<i>Sig.</i>
Inter-grupos	0,001

Estudio comparativo

En la Tabla 43 se muestran los valores medios del contenido en ácido ascórbico y vitamina C de los lotes de tomates analizados para el caso de los tipos rama y pera, mientras que para el caso del tomate rosa de Barbastro se muestran los datos de la mediana.

Tabla 43. Comparación valores medios/medianos de ácido ascórbico y vitamina C en el tomate rosa de Barbastro, rama y pera.

<i>Tipo</i>	<i>promedio (mg/100 g)</i>	
	<i>ácido ascórbico</i>	<i>vitamina C</i>
Tomate rosa de Barbastro	14,73	33,01
Tomate rama	10,21	17,42
Tomate pera	15,51	7,21

En la Figura 50 se muestra la comparación de los valores de ácido ascórbico y vitamina C en los tres tipos de tomate estudiados.

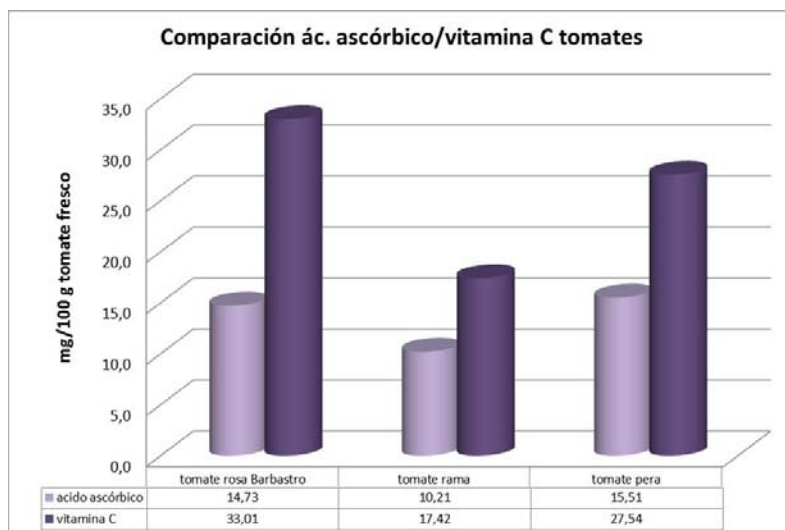


Figura 49. Comparación ácido ascórbico y vitamina C en tipos de tomate estudiados.

Al observar la Figura 50, se aprecia como el tomate rosa de Barbastro es el que mayor contenido en vitamina C posee, con un valor mediano de 33,01 mg/100 g tomate y mostrando una gran diferencia con respecto a los datos obtenidos de los tomates tipo rama y pera, que presentan unos contenidos medios de 17,42 y 27,54 mg/100 g tomate, respectivamente.

En cuanto al intervalo de valores de ácido ascórbico obtenido para los tres tipos de tomates analizado –entre 10,21–15,51 mg/100 g–, éste está de acuerdo con los valores aportados por otras investigaciones. *Davies & Hobson, (1981)*, publicaron valores de ácido ascórbico entre 10 y 30 mg/100 g de tomate fresco en función de un crecimiento en invernadero o en el campo, así como entre los diferentes genotipos.

Los factores genéticos de cada variedad y los aspectos relacionados con el crecimiento del fruto son los condicionantes que más afectan al contenido vitamínico del tomate, tal y como se ha comentado anteriormente. La luz o la escasez de agua, tienden a ejercer un efecto positivo sobre el contenido en esta vitamina (*Dumas et al., 2003*). Se conoce que el ácido ascórbico se sintetiza a partir de los azúcares producidos en la fotosíntesis (*Lee & Kader, 2000*), en este sentido se podría decir que un tomate cultivado al aire libre tendería a sintetizar más vitamina C que un tomate cultivado en invernadero con sistemas hidropónicos como es el caso de muchas variedades de tomate comercial.

Según *Kader (1993)*, el momento de recolección es un factor muy importante para el contenido de vitamina C, ya que los frutos recolectados verdes, cuando maduran tras la recolección presentan menor contenido en este nutriente que los recolectados

plenamente maduros. Esto podría justificar lo observado experimentalmente y mostrado en las figuras anteriores, donde el tomate rosa de Barbastro es el que presenta mayor contenido en vitamina C ya que ha madurado en la planta, a diferencia de otros tipos de tomates más comerciales como son los tomate pera y rama sometidos, en muchas ocasiones, a maduraciones postcosecha en cámaras de atmósferas controladas.

En cuanto al manejo del cultivo también la fertilización de éste puede ser un factor importante en el contenido de la vitamina C. El uso de nitrógeno a tasas elevadas está relacionado con un menor contenido en vitamina C, probablemente debido a un mayor desarrollo del follaje de la planta y la menor incidencia de luz (*Dumas et al., 2003*). Contrariamente, parece influir positivamente el uso de calcio (*Subbiah & Perumal 1990*) o una combinación adecuada de fertilizantes (*Dumas et al., 2003*).

Todos estos factores afectan al contenido en vitamina C para los tres tipos de tomate estudiados, dado que para cada uno de ellos han existido diferentes condiciones de cultivo, estado de maduración, procesado y condiciones de almacenamiento, además de la propia variabilidad propia del tipo de tomate seleccionado.

3.7- Análisis y comparación de la calidad organoléptica entre los tipos de tomates analizados

3.7.1- Preparación de la cata

Muestras de tomate seleccionadas para la realización de la cata

Los tomates utilizados para la evaluación de la calidad organoléptica se compraron en diferentes establecimientos ubicados en la ciudad de Huesca y se seleccionaron en su estado óptimo de maduración –atributos externos controlados por el jefe del panel: apariencia física o aspecto–. Los tipos de tomates utilizados para el estudio fueron los mismos con los que se ha trabajado en la caracterización de los parámetros nutricionales: el **tomate rosa de Barbastro**, **tomate rama** y **tomate pera**. Señalar que para la realización de la cata se incluyó un cuarto tipo de tomate –el **tomate ensalada**–, con el objeto de ser utilizado como un tomate “*simulacro*” para reducir el factor del orden, tal y como se explicará detalladamente más adelante.

Emplazamiento de la cata

La cata se realizó en el Laboratorio 14 en la Escuela Politécnica Superior de Huesca a finales de septiembre de 2012. Se eligió este lugar como el más adecuado y el que reunía las mejores condiciones para llevar a cabo este tipo de evaluación organoléptica –dado que no se utiliza con fines analíticos–, al no disponer de instalaciones específicas para la realización de este tipo de pruebas en la Escuela Politécnica Superior.

Selección de los panelistas

Meilgaard et al., (2007) y *Barda, (2010)*, indicaron que para que un análisis sensorial descriptivo sea estadísticamente fiable es necesario como mínimo ocho panelistas. Para la selección de, como mínimo, ocho panelistas que realizaran la valoración sensorial del tomate, se realizó una convocatoria a nivel interno en la Escuela Politécnica de Huesca, abierta tanto a alumnado como a familiares, profesores y personal de administración y servicios.

Perfil de los participantes en la cata

Para las pruebas descriptivas puede emplearse un panel no entrenado, aunque los jueces no entrenados tienden a ser menos sensibles a las pequeñas diferencias y suelen ser menos uniformes en las puntuaciones a los diferentes atributos a analizar, éstas técnicas pueden ser utilizadas para obtener una información detallada de los consumidores (*Fransella & Bannister, 1977*).

El total de personas que participaron en la cata fue de 16 adultos, a quienes –previo a la realización de la prueba– se les dio una explicación de las instrucciones de cómo se debe realizar la prueba y descripción de los parámetros a analizar en la cata. En la Figura 50 se muestran diferentes momentos de la cata realizada.



Figura 50. *Participantes de la cata.*

Las personas que acudieron a la cata de tomate fueron un grupo formado por alumnos, familiares, profesores y personal de administración y servicios. Previamente al comienzo de la actividad de la cata se hizo rellenar a cada uno de los panelistas una ficha de catador donde se debía anotar, sexo, edad y número de catador –para controlar el puesto donde se ubicaba–. Descripción del grupo de participantes:

Sexo: 14 mujeres y 2 hombres.

Edad: de 20 a 30 años..... 3 personas
de 30 a 40 años 6 personas
de 40 a 50 años 4 personas
de 50 a 60 años 2 personas
más de 60 años..... 1 persona

Presentación de las muestras de tomate en la cata

Para la realización de la cata los cuatro tipos de tomate seleccionados –tomate rosa de Barbastro, tomate rama, tomate pera y tomate ensalada– se cortaron en gajos de unos 3–4 cm de grosor, y se presentaron en plato de plástico, todos a igual temperatura y condiciones. En la Figura 51 se muestra cómo se prepararon y presentaron los tomates para la cata.



Figura 51. Preparación de las muestras de tomate para la realización de la cata.

Las muestras de tomate fueron clasificadas del 1 al 4 y su distribución en el plato no fue la misma para todos los puestos de cata, si no que se fueron alternando según el lugar ocupado. Se prepararon 3 tipos de platos: A, B y C cuya distribución de los tipos de tomate catados se muestra en la Figura 52.



Figura 52. Tipos de platos según la distribución de los cuatro tipos de tomate.

Por otro lado en la Figura 53 se muestra la distribución de los tres tipos de platos de cata según el puesto ocupado.

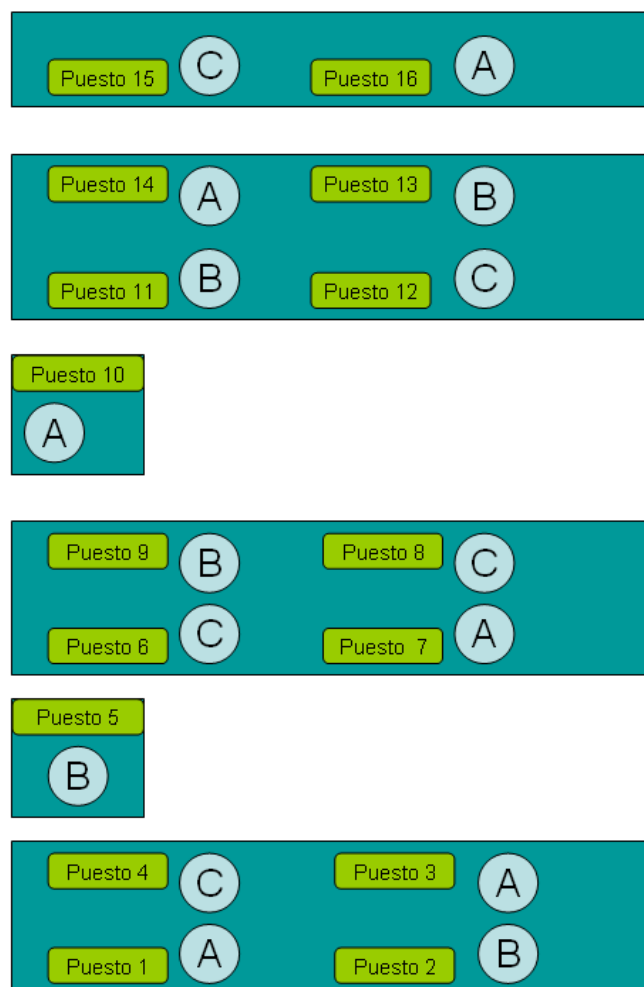


Figura 53. Esquema de la distribución de los puestos de cata y los tipos de platos.

Señalar que se informó a los catadores que los números que presentaban los platos hacían referencia al orden en el que debían catar las diferentes muestras de tomate. Por tanto, las muestras se evaluaron siguiendo un orden predeterminado en cuanto a la disposición en que se presentaban en el plato a cada catador, de modo que cada participante en la cata tuviese una distribución en su plato de las cuatro muestras diferente a la distribución que tenían en sus platos los participantes sentados a su lado, con la intención de evitar influencias entre participantes.

Es importante destacar que en todos los puestos de cata el primer tomate evaluado fue siempre el tomate ensalada, con el objeto de entrenar al catador no especializado en la cata del resto de tomates. Tal y como ya se ha mencionado en el apartado de introducción y según bibliografía a esta muestra se le denomina “*simulacro*” y se trata de una técnica para reducir los efectos de orden. Los efectos de orden tienen lugar cuando la percepción de un producto se haya influida por el orden en que éste se

presenta, siendo la primera muestra que se lleva a la boca la que le da una percepción de mayor intensidad de los sabores.

En la Figura 54 se muestra cómo se dispusieron los puestos de cata en el laboratorio. Junto con los platos donde se encontraban las distintas muestras de tomate a analizar se colocó un vaso de agua para cada participante y unos picatostes de pan, que son recomendados en este tipo de pruebas para que los participantes cambien de sabor entre muestra y muestra sin alterar la capacidad de percepción a la hora de diferenciar matices de sabores a analizar.



Figura 54. Distribución y preparación de los puestos de cata.

3.7.2- Resultados obtenidos tras el análisis organoléptico de los tomates seleccionados

Como ya se ha mencionado en el apartado Introducción, la calidad organoléptica de los tomates viene definida en parte por una serie de atributos internos: olor, aroma (olfacción retro nasal), textura (jugosidad, carnosidad, harinosidad y consistencia), y sabor (dulzor, acidez, etc.) que son evaluados por el personal que conforma un panel de catadores. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el análisis organoléptico de estos parámetros sensoriales que fueron evaluados mediante un análisis sensorial descriptivo con escalas estructuradas de cinco puntos (Figura 23).

3.7.2.1- Evaluación del aroma

En la Tabla 44 se muestran los resultados de la evaluación del aroma en los tomates estudiados, expresados en frecuencia y en porcentaje, tras la realización de la cata.

Tabla 44. Resultados evaluación del aroma en la cata de tomates.

Clasificación aroma	frecuencia	% porcentaje
Tomate rosa de Barbastro		
sin olor	0	0,00
débil	3	18,75
normal	7	43,75
intenso	5	31,25
muy intenso	1	6,25
Tomate rama		
sin olor	4	25,00
débil	6	37,50
normal	3	18,75
intenso	0	0,00
muy intenso	3	18,75
Tomate pera		
sin olor	1	6,25
débil	7	43,75
normal	2	12,50
intenso	3	18,75
muy intenso	3	18,75

Con objeto de apreciar mejor las diferencias obtenidas en la cata de los tres tipos de tomates estudiados se han representado gráficamente según el modelo “*radar o tela de araña*”, tal y como suele hacerse para mostrar los resultados de las catas. En la Figura 55 se muestran las representaciones gráficas para la evaluación del aroma.

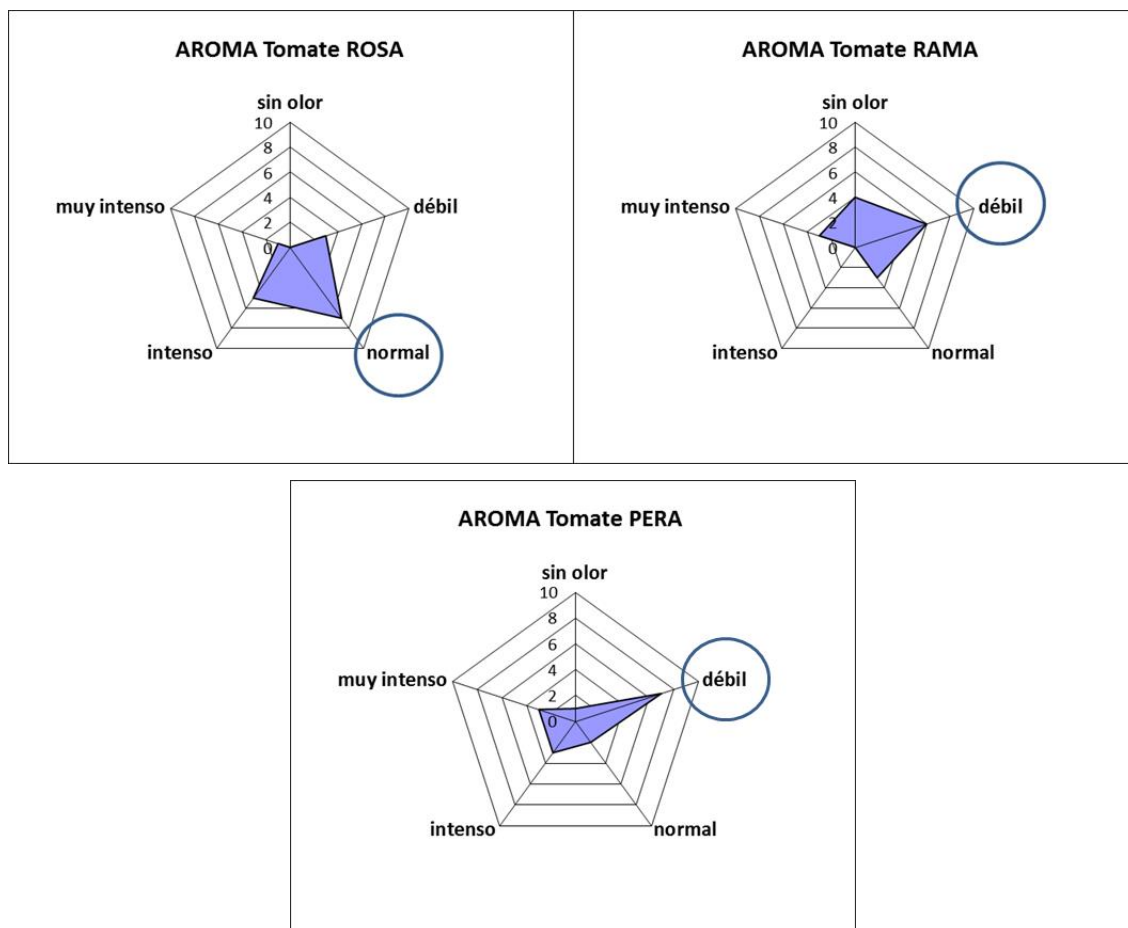


Figura 55. Representación gráfica evaluación aroma en los tres tipos de tomates.

Según la Figura 55 se observa que el tomate rosa de Barbastro es el que, según la clasificación de intensidad, mayor aroma desprende –normal– seguido por el tomate rama y el tomate pera –débil–. Este atributo viene determinado en gran medida por el contenido en compuestos volátiles.

Varios estudios señalan que la composición del aroma del tomate puede variar atendiendo al tipo de maduración, ya que los tomates cultivados al aire libre y madurados en forma natural contienen mayor concentración de compuestos volátiles que los tomates cultivados en invernadero y madurados en cámaras con control de atmosfera (Kader *et al.*, 1977; Dorais *et al.*, 2001; Dudareva & Pichersky, 2008). También el tipo de variedad influye en su composición, tal y como observaron distintos autores (Tandon *et al.*, 2003; Krumbein *et al.*, 2004; Alonso *et al.*, 2009), el estado de maduración (Mohammadi-Aylar *et al.*, 2010), o los tratamientos aplicados (Maharaj, *et al.*, 1999) lo cual determina que las condiciones de cultivo influyen en su concentración aromática.

El almacenamiento también es un factor clave en la producción de compuestos volátiles. Basándose en el tiempo y en la temperatura de almacenamiento, autores como *Maul et al.*, (2000); *Boukobza & Taylor* (2002), o *León-Sánchez et al.*, (2009), observaron la importancia de estos parámetros en la formación de los compuestos volátiles responsables del aroma del tomate.

De acuerdo a todo lo anterior, se puede afirmar que el **tomate rosa de Barbastro muestra una mayor intensidad de aroma que el tomate rama y pera**. Esto puede ser debido a que, como se ha comentado, el proceso agronómico al que se le somete es completamente diferente al del resto de tomates que se encuentran en el mercado. Su maduración tiene lugar de forma natural en la planta, y su recolección –durante los meses de verano– es muy cuidadosa, ya que nunca pasa por una cámara frigorífica antes de su venta. La mayoría de los tomates que se encuentran en los supermercados, se recogen verdes y después se estimulan artificialmente con gas etileno para conseguir su color rojo, por lo que tienen poco aroma y sabor (*Mikkelsen, 2005*).

3.7.2.2- Evaluación de la dureza de la piel

En la Tabla 45 se muestran los resultados de la evaluación de la dureza de la piel en los tomates estudiados, expresados en frecuencia y en porcentaje, tras la realización de la cata.

Tabla 45. Resultados evaluación de la dureza de la piel en la cata de tomates.

Clasificación dureza	frecuencia	% porcentaje
Tomate rosa de Barbastro		
muy blanda	2	12,50
blanda	4	25,00
normal	4	25,00
dura	6	37,50
muy dura	0	0,00
Tomate rama		
muy blanda	4	25,00
blanda	4	25,00
normal	4	25,00
dura	2	12,50
muy dura	2	12,50

Tomate pera		
muy blanda	2	12,50
blanda	5	31,25
normal	4	25,00
dura	2	12,50
muy dura	3	18,75

En la Figura 56 se muestran las representaciones gráficas para la evaluación de la dureza de la piel de los tomates catados.

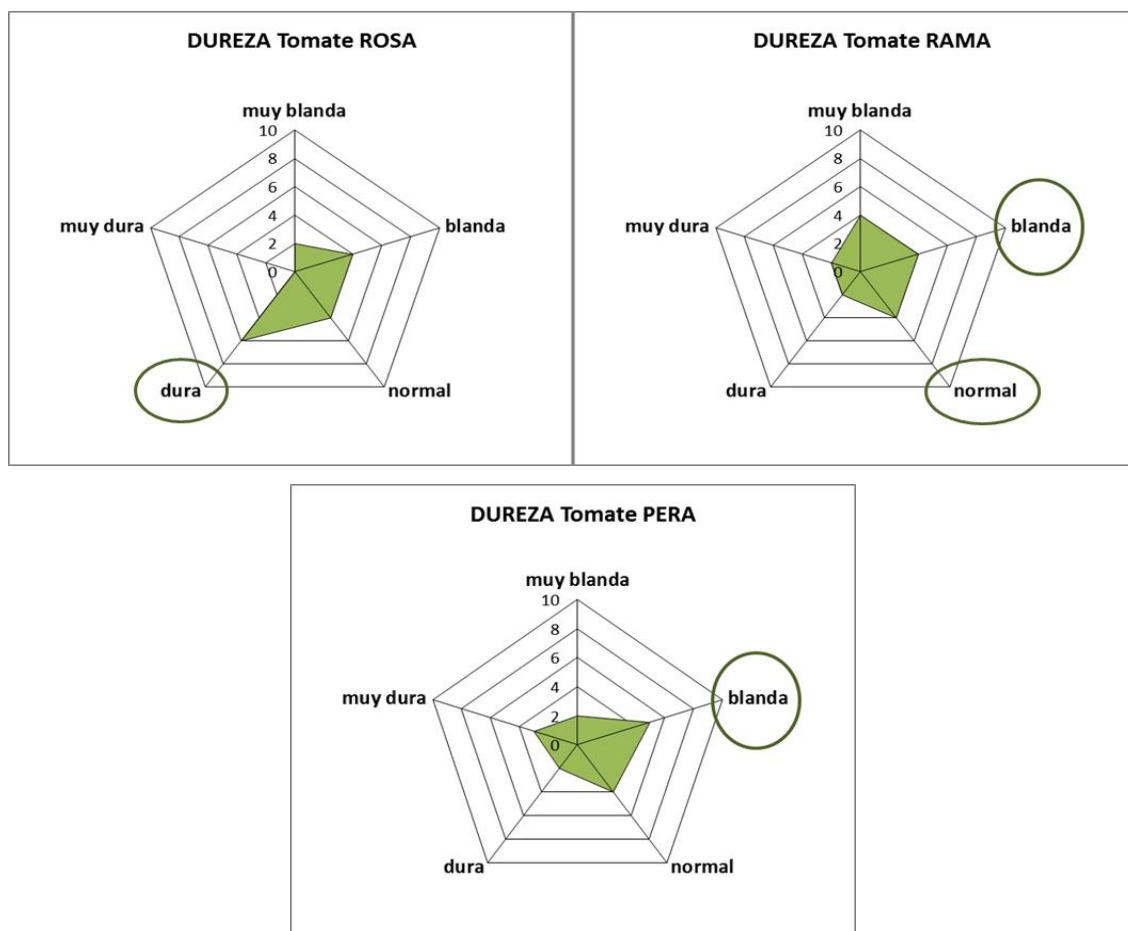


Figura 56. Representación gráfica evaluación dureza piel en los tres tipos de tomates.

Tal y como se observa en la Figura 56 el tomate rosa de Barbastro es el que, según la clasificación para la dureza de la piel, presenta una piel más dura seguido por el tomate rama –entre normal y blanda– y el tomate pera –blanda–. El tomate rosa de Barbastro si bien no presenta una piel de gran grosor, si tiene cierta dureza ya que ésta tiene como función contener la gran cantidad de jugo que posee este tomate (Bruna et al., 2012).

3.7.2.3- Evaluación de la intensidad del sabor

En la Tabla 46 se muestran los resultados de la evaluación de la intensidad del sabor en los tomates estudiados, expresados en frecuencia y en porcentaje, tras la realización de la cata.

Tabla 46. Resultados evaluación intensidad del sabor en la cata de tomates.

Clasificación intensidad sabor	frecuencia	% porcentaje
Tomate rosa de Barbastro		
muy insípido	3	18,75
insípido	3	18,75
normal	4	25,00
intenso	5	31,25
muy intenso	1	6,25
Tomate rama		
muy insípido	1	6,25
insípido	5	31,25
normal	6	37,50
intenso	4	25,00
muy intenso	0	0,00
Tomate pera		
muy insípido	6	37,50
insípido	3	18,75
normal	4	25,00
intenso	1	6,25
muy intenso	2	12,50

En la Figura 57 se muestran las representaciones gráficas para la evaluación de la intensidad del sabor en los tomates catados.

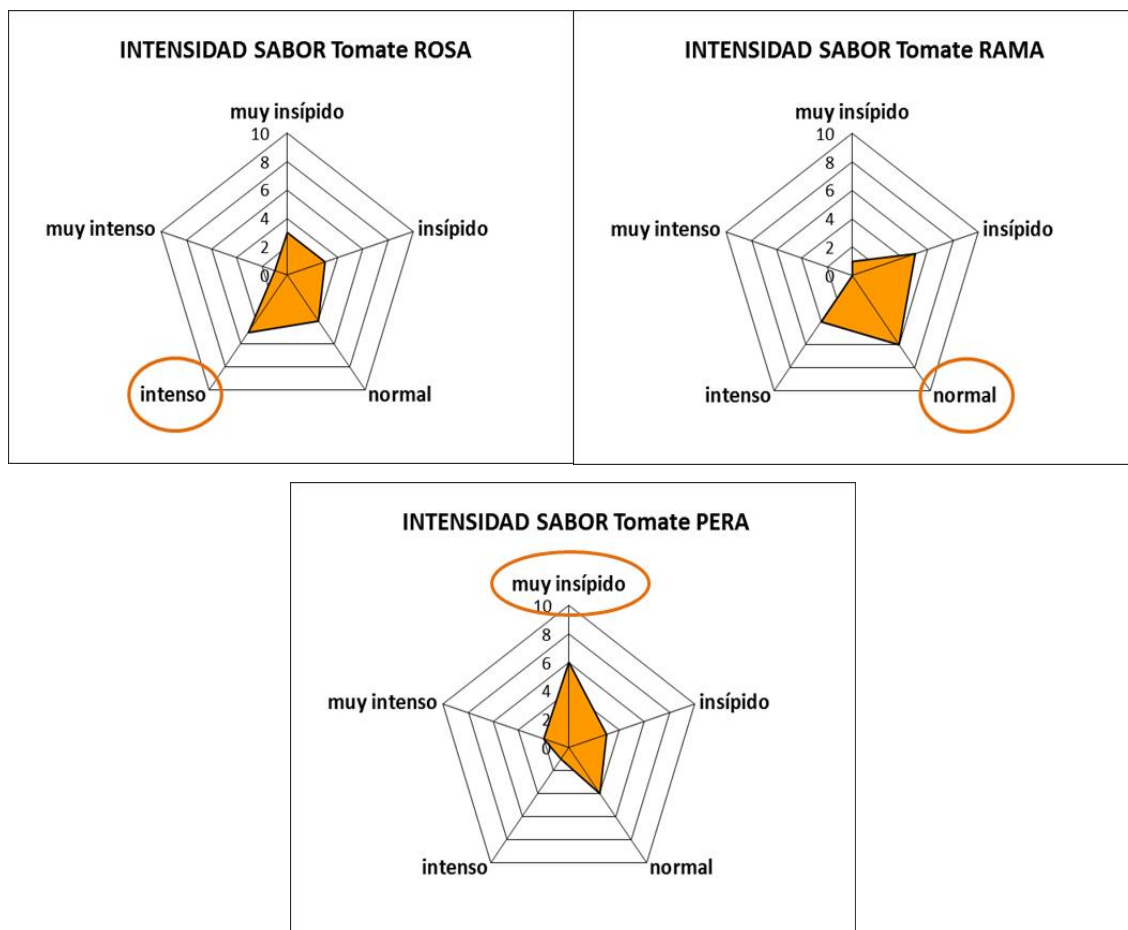


Figura 57. Representación gráfica evaluación intensidad sabor en los tipos de tomates.

En cuanto a la intensidad del sabor, el tomate rosa de Barbastro fue valorado como el más intenso frente al tomate rama –normal– y el tomate pera, este último considerado como el más insípido.

El sabor del tomate es el resultado de diversos compuestos aromáticos volátiles y no volátiles, así como de una compleja interacción entre ellos (Yilmaz, 2001). La intensidad del sabor del fruto depende principalmente del contenido en azúcares y ácidos. Para un sabor más intenso se requiere un contenido alto de azúcares y ácidos. Un contenido alto de ácidos y bajos de azúcares produce un sabor ácido, un contenido bajo de ácidos y alto de azúcares dan un sabor suave, y cuando ambos contenidos son bajos dan un fruto insípido (Grierson & Kader, 1986). En este sentido se puede afirmar que el tomate rosa de Barbastro tiene el mejor equilibrio entre el contenido en azúcares y acidez, tal y como ya se ha comentado en la caracterización nutricional, lo que le permite ser un tomate más sabroso que el resto.

Las diferencias entre la intensidad del sabor de los diferentes tipos de tomates viene determinada también por los compuestos volátiles. Así, además de por su adecuada

relación SST/acidez, el sabor intenso del tomate rosa de Barbastro también puede ser debido a la mayor proporción cuantitativa de sustancias volátiles desarrollada durante su proceso de maduración. Se conoce que los ésteres y terpenos que se desarrollan durante la maduración en planta son esenciales para alcanzar el sabor y aroma típico del tomate (Mikkelsen, 2005).

3.7.2.4- Evaluación del dulzor

En la Tabla 47 se muestran los resultados de la evaluación del dulzor en los tomates estudiados, expresados en frecuencia y en porcentaje, tras la realización de la cata.

Tabla 47. Resultados evaluación del dulzor en la cata de los tomates.

Clasificación dulzor	frecuencia	% porcentaje
Tomate rosa de Barbastro		
no se percibe	1	6,25
débil	6	37,50
normal	5	31,25
fuerte	3	18,75
muy fuerte	1	6,25
Tomate rama		
no se percibe	1	6,25
débil	5	31,25
normal	6	37,50
fuerte	4	25,00
muy fuerte	0	0,00
Tomate pera		
no se percibe	2	12,50
débil	9	56,25
normal	3	18,75
fuerte	2	12,50
muy fuerte	0	0,00

En la Figura 58 se muestran las representaciones gráficas para la evaluación del dulzor en los tomates catados.

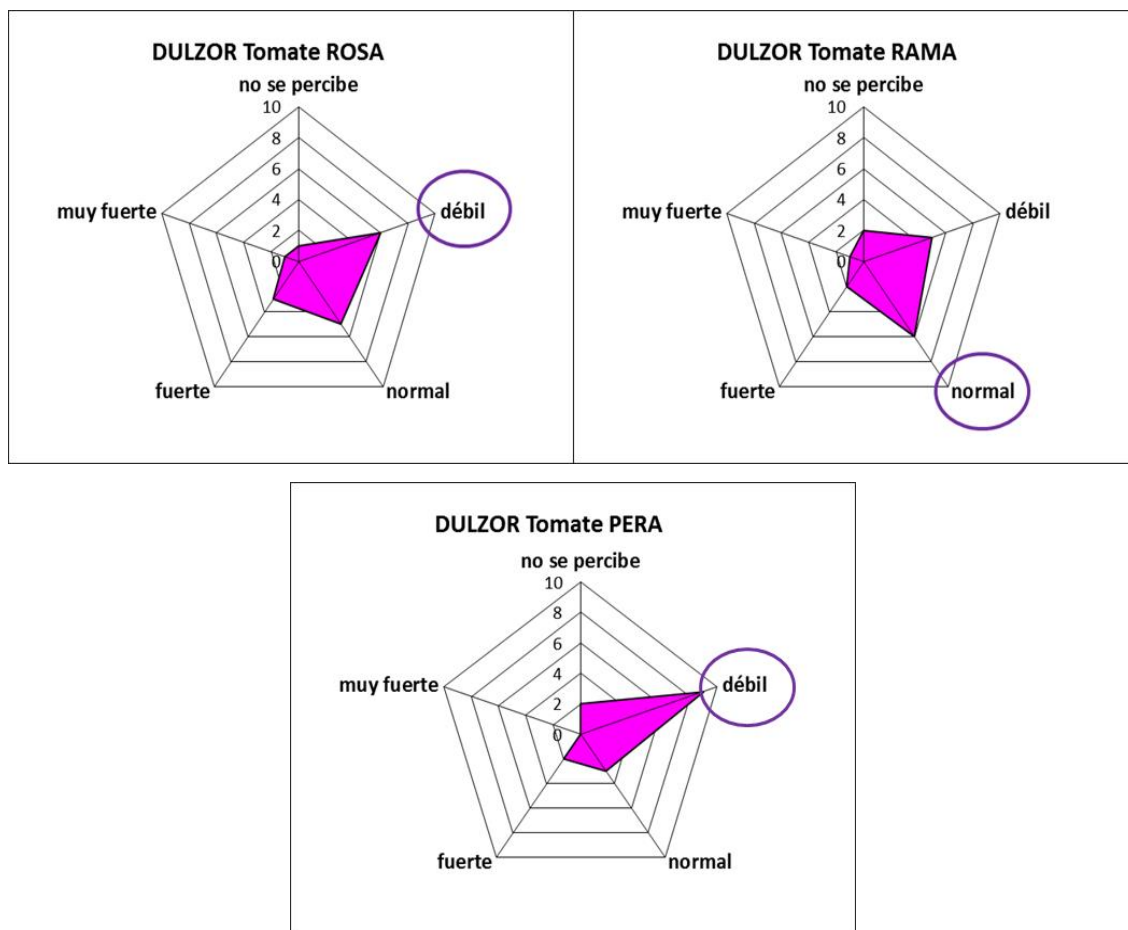


Figura 58. Representación gráfica evaluación dulzor en los tres tipos de tomates.

El dulzor es un aspecto muy importante en una variedad de tomate, ya que hace del tomate un fruto más atractivo para el consumo. En la primera parte de este proyecto, se analizó el nivel de SST para conocer de una forma objetiva los tipos de tomate con mayor contenido de azúcar y por tanto con mayor dulzor. Mediante esta valoración realizada por los catadores se determinó de forma subjetiva la percepción del dulzor para conocer si realmente se correlaciona con los análisis químicos previos.

Como se puede observar en los datos anteriores, el panel de catadores determinó un nivel similar de dulzor para todos los tomates probados. Esta valoración coincidió con la parte analítica, ya que todos los tomates presentaron niveles similares de SST (de 4,2 a 4,5°Brix). En cuanto al nivel de dulzor, todos los tomates fueron catalogados como débiles o normales.

Este hecho hace pensar que el panel de catadores ha presentado una tendencia a valorar negativamente el dulzor de los tomates, ya que niveles considerables de SST se han relacionado con los niveles más bajos de la escala de valoración (débil o normal). Esta tendencia podría ser debida a la complejidad de la percepción de esta característica.

Tieman *et al.*, (2012), indicaron que la percepción del dulzor es un parámetro complejo que se determina de forma retronasal, y que depende tanto del azúcar de la pulpa como de diferentes compuestos volátiles. En este sentido, no hay que olvidar que la cata se realizó con panelistas no expertos.

3.7.2.5- Evaluación de la textura

En la Tabla 48 se muestran los resultados de la evaluación de la textura en los tomates estudiados, expresados en frecuencia y en porcentaje, tras la realización de la cata.

Tabla 48. Resultados evaluación de la textura de la piel en la cata de tomates.

Clasificación textura	frecuencia	% porcentaje
Tomate rosa de Barbastro		
muy blanda	0	0,00
blanda	5	31,25
normal	7	43,75
dura	2	12,50
muy dura	2	12,50
Tomate rama		
muy blanda	2	12,50
blanda	6	37,50
normal	3	18,75
dura	5	31,25
muy dura	0	0,00
Tomate pera		
muy blanda	3	18,75
blanda	3	18,75
normal	6	37,50
dura	3	18,75
muy dura	1	6,25

En la Figura 59 se muestran las representaciones gráficas para la evaluación de la textura de los tomates catados.

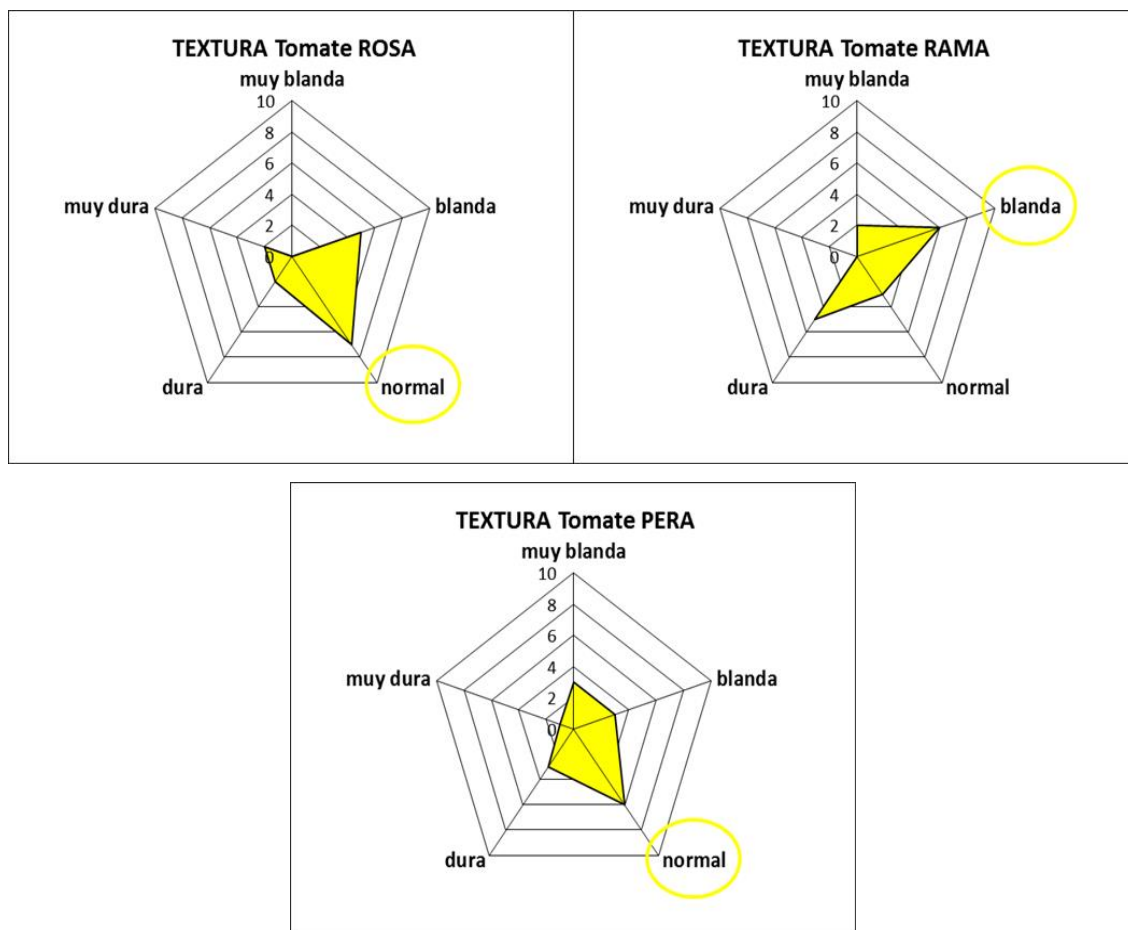


Figura 59. Representación gráfica evaluación textura en los tres tipos de tomates.

Los datos anteriores muestran que los panelistas percibieron mayoritariamente una textura normal tanto para el tomate rosa de Barbastro como para el tomate pera, si bien, esta fue blanda para el tomate rama. Si se analizan estos datos junto a la percepción de la firmeza del fruto, se observa que existe una correlación entre ambos parámetros, es decir, aquel fruto con piel más dura le ha correspondido una pulpa de textura más dura y análogamente ocurrió para los frutos más blandos. A continuación, se resumen los resultados obtenidos en la valoración de la consistencia de los diferentes tomates:

- Tomate rosa de Barbastro: piel dura con pulpa de dureza normal.
- Tomate rama: piel entre blanda y normal con pulpa blanda.
- Tomate pera: piel y pulpa blanda.

3.7.2.6- Otra información relevante obtenida en la cata

En la hoja de cata se añadió una última cuestión en la que se solicitó a los panelistas una valoración organoléptica global de cada uno de los tomates catados mediante la asignación de una puntuación de 1 a 10 según la apreciación general de la calidad

organoléptica del tomate. La Figura 60 muestra los resultados obtenidos en la valoración global de todos los tomates.

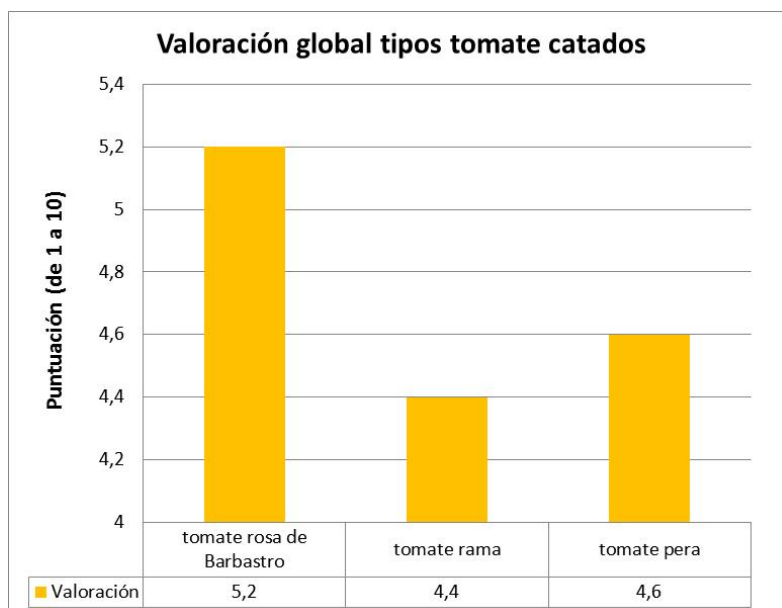


Figura 60. Valoración global tipos de tomate catados.

Como se puede observar, todos los tomates recibieron una valoración muy exigente. El tomate rosa de Barbastro fue el único tipo de tomate que superó los cinco puntos, obteniendo una calificación de 5,2 mientras que los otros dos tomates (tomate rama y pera) ni tan siquiera superaron este valor –4,4 y 4,6, respectivamente–.

En este sentido, cabe destacar que los panelistas fueron más estrictos cuando realizaron una valoración conjunta de los atributos del tomate que al analizar los parámetros sensoriales de forma independiente. Así:

(a) El tomate rosa de Barbastro presentó un perfil organoléptico parcial muy adecuado. Se consideró un fruto de textura carnosa y piel firme, con sabor intenso pero con matices poco dulces, sin embargo únicamente recibió un 5,2 en la valoración global.

(b) El tomate rama principalmente se valoró por su textura y piel blanda, si bien su sabor resultó ser normal y poco dulce. En la valoración global recibió un 4,4.

(c) El tomate pera también se valoró por su piel y pulpa blanda, pero se consideró muy insípido y de poco dulzor. Los panelistas le asignaron 4,6 puntos de forma global.

En la hoja de cata también se realizaron una serie de preguntas a los panelistas para obtener información adicional sobre el consumo de este alimento. Las preguntas fueron las siguientes:

- *¿Consume habitualmente tomate fresco?*
- *¿Llegaría usted a pagar a 5 €/ Kg por alguno de los tomates catados?*
- *¿Por cuál o cuales de ellos?*
- *¿Hay alguno de los tomates catados por el que no llegaría a pagar ni a 1 €/ Kg?*
- *¿Por cuál o cuales de ellos?*

En líneas generales cabe destacar que el 94% de los encuestados son consumidores habituales de tomate fresco, lo que se considera un aspecto positivo ya que pueden ser más objetivos a la hora de valorar los atributos sensoriales de este fruto.

En cuanto al precio de venta al público del tomate, el 66% de las personas que afirmaron que llegarían a pagar más de cinco euros por algunos de los tomates catados, lo harían por el tomate rosa de Barbastro. Sólo el 33% llegaría a pagar esta cantidad por otro de los tomates seleccionados.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, se puede afirmar que el tomate rosa de Barbastro es el tipo de tomate más apreciado sensorialmente en la cata de panelista organizada debido a que:

(a) Sus atributos sensoriales se han valorado independientemente por encima de los otros tipos de tomates analizados. Sabor más intenso y piel y carne firme, lo que lo distingue del resto de variedades comerciales.

(b) Es el único tomate que supera un mínimo de calidad estándar en la valoración global realizada por los catadores (5 puntos).

(c) Un alto porcentaje de panelistas (66%) aceptaría un alto precio (5 euros) por adquirir este producto, asumiendo una relación calidad/precio mayor que en otros tomates del mercado.

Conclusiones

Conclusiones

Primera. El contenido de sólidos solubles totales (SST) en muestras de tomate puede ser determinado por refractometría, siempre que esta matriz sea triturada y centrifugada a 2700 r.p.m. durante 10 minutos, sin necesidad de ningún otro tratamiento posterior que ralentice la determinación.

Segunda. Este protocolo de preparación de muestras de tomate (triturado y centrifugado a 2700 r.p.m./10 minutos) resulta óptimo también para la determinación de la acidez por volumetría ácido/base, si bien, la etapa de centrifugado es crítica en la determinación de licopeno por Espectroscopia de absorción molecular en el UV/Vis y de vitamina C por cromatografía HPLC con detector UV/Vis, ya que se producen pérdidas por la separación de la piel y las pepitas.

Tercera. El análisis de la calidad nutricional del tomate rosa de Barbastro frente a otros dos tipos de tomates de consumo frecuente en la zona de Huesca –tomate rama y tomate pera– muestra niveles similares de azúcares (SST), si bien la acidez es mucho mayor (se duplica) en el tomate rosa de Barbastro. Este hecho justificaría el sabor intenso que caracteriza a este tipo de tomate. Asimismo, el contenido en vitamina C en el tomate rosa de Barbastro es mucho más alto que en los demás tipos de tomates (2 y 5 veces más que para tomate rama y pera, respectivamente), lo que le confiere mejores propiedades antioxidantes. Por otro lado, presenta una concentración menor del pigmento licopeno, resultado esperable por su tonalidad menos rojiza.

Cuarta. El seguimiento de la calidad nutricional del tomate rosa de Barbastro realizado a lo largo de todo su periodo de comercialización, pone de manifiesto una importante influencia de las condiciones climáticas sobre la composición química del mismo. Así, se observaron los mayores contenidos de azúcares, licopeno y vitamina C y los menores de acidez, en los controles realizados durante los meses de agosto y septiembre, etapa de maduración óptima y máxima producción de este fruto.

Quinta. El análisis organoléptico de los tres tipos de tomates mediante una cata de panelistas no expertos, muestra una clara preferencia por el tomate rosa de Barbastro frente a los otros tipos de tomates analizados. Es el tomate que recibe la puntuación más alta en la escala de valoración global, y en cuanto a la valoración parcial de sus

atributos, se considera un tomate con la textura y la piel más firme y con el sabor más intenso, aunque con matices poco dulces.

Sexta. Los resultados del análisis de calidad nutricional y organoléptica del tomate rosa de Barbastro frente al tomate rama y pera, nos hacen concluir que este tipo de tomate posee una mayor riqueza nutricional y unas excelentes propiedades sensoriales, corroborando así el prestigio de este alimento autóctono gracias al cual se ve impulsada nuestra economía agraria.

Bibliografía

Bibliografía

- Abushita** AA, Hebshi EA, Daood HG et al. (1997). Determination of antioxidant vitamins in tomatoes. *Food Chemistry*, 60:207-212.
- Abushita** AA, Daood HG, Biacs PA. (2000). Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as function of varietal and technological factors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48:2075-2081.
- Adegoroye** A, Jolliffe P. (1987). Some inhibitory effects of radiation stress on tomato fruit ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 39:297-302.
- Aguayo–Giménez** E, Artes–Calero E. (2004). *Elaboración del tomate mínimamente procesado en fresco*. Ediciones de Horticultura S.L, Reus, España.
- Alonso** A, García–Aliaga R, García–Martínez S, Ruiz JJ, Carbonell–Barrachina AA. (2009). Characterization of Spanish tomatoes using aroma composition and discriminant analysis. *Food Science and Technology International*, 15:47–55.
- Amerine** MA, Pangborn RM, Roessler EB. (1965). *Principles of sensory evaluation of foods*. Academic Press. New York.
- Anastasio** G, Abad J. (1997). Recuperación del sabor en tomate. *Horticultura*, 5:70-77.
- Anzaldúa–Morales** A. (1982). *Study of the oral detection of food fibrousness*. Reporte interno. Universidad Iberoamericana. Departamento de Ciencias de la Nutrición y de los Alimentos. México D.F.
- Anzaldúa–Morales** A, Lever C, Vernon EJ. (1983). Nuevos métodos de evaluación sensorial y su aplicación en reología y textura. *Tecnología Alimentaria*, 18:4-15.
- Anzaldúa–Morales** A. (1984). *La evaluación sensorial en la industria alimentaria*. Conferencia durante la VI Semana de Química. Universidad de la Salle. México, D.F.
- Anzaldúa–Morales** A, Vernon EJ. (1986). Description and some applications of the “PAM” penetrometer. *Theor. Appl. Dev. Rheology* 1:115.
- Anzaldúa–Morales** A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Acribia. Zaragoza, España.
- Aruoma** OI. (1999). Antioxidant actions of plant foods: use of oxidative DNA damage as a tool for studying antioxidant efficacy. *Free Radical Research*, 30:419-427.

- Azodanlou** R, Darbellay C, Luisier JL et al. (2003). Development of a model for quality assessment of tomatoes and apricots. *Lebensmittel Wissenschaft Und Technologie Food Science and Technology*, 36:223-233.
- Baldwin** EA, Scott JW, Einstein MA et al. (1998). Relationship between sensory and instrumental analysis for tomato flavor. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123: 906-915.
- Bangerth** F, Schroder M. (1994). Strong synergistic effects of gibberellins with the synthetic cytokinin n-(2-chloro-4-pyridyl)-n-phenylurea on parthenocarpic fruit-set and some other fruit characteristics of apple. *Plant Growth Regulation*, 15:293-302.
- Baxter** CJ, Carrari F, Bauke A, et al. (2005). Fruit carbohydrate metabolism in an introgression line of tomato with increased fruit soluble solids. *Plant and Cell Physiology*, 46:425-437.
- Beckles** DM, Nyan H, Stamova L, et al. (2012). Biochemical factors contributing to tomato fruit sugar content: a review. *Fruits*, 67:49-64.
- Beecher** GR. (1998). Nutrient content of tomatoes and tomato products. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 218:98-100.
- Beerh** OP, Siddappa GS. (1959). A rapid spectrophotometric method for the detection and estimation of adulterants in tomato ketchup. *Food Technology*, 13:414-418.
- Bertram** JS, Vine AL. (2005). Cancer prevention by retinoids and carotenoids: Independent action on a common target. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1740:170-178.
- Blum** A, Monir M, Wirsansky I, Ben-Arzi S. (2005). The beneficial effects of tomatoes. *European Journal of Internal Medicine*, 16:402-404.
- Boukobza** F, Taylor AJ. (2002). Effect of postharvest treatment on flavour volatiles of tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 25:321-331.
- Bourne** MC. (1982). *Food texture and viscosity y concept and measurement*. Academic Press. New York.
- Bramley** PM. (2000). Is lycopene beneficial to human health?. *Phytochemistry*, 54:233-236.

- Brandt S, Pek Z, Barna E, Lugasi A, Helyes L. (2006).** Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86:568-572.
- British Standards Institution. (1989).** *Methods for sensory analysis of foods*. London
- Bruna P, Gutiérrez M. (2009).** El cultivo de tomate para fresco en invernadero en Aragón. Ensayos de material vegetal. *Informaciones Técnicas. Dirección General de Desarrollo Rural. Centro de Transferencia Agroalimentaria*. Núm. 208.
- Bruna P, Mallor C, Llamazares A. (2012).** Tomate rosa de Barbastro. Caracterización del material vegetal. *Informaciones Técnicas. Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario. Servicio de Recursos Agrícolas. Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón*, Núm. 234,
- Cabanillas A. (2010).** Tratamiento post-cosecha con 1-Metilciclopropeno (1-MCP) para aumentar la vida útil en fresco de los tomates "caramba" cultivados en invernadero y campo en Zaragoza. *Proyecto fin de Carrera, Escuela Politécnica Superior de Huesca*. Directores, M^a Eugenia Venturini Crespo y Juan Barriuso Vargas.
- Candelas MG, Alanís MG, del Río F. (2006).** Lycopene measurement and other carotenoids in tomato and tomato powder. *Revista Mexicana de Agronegocios*. Año X, 19, Julio-diciembre.
- Canene-Adams K, Campbell JK, Zaripheh S, Jeffery EH, Erdman JW. (2005).** The tomato as a functional food. *The Journal of Nutrition*, 135:1226-1230.
- Cano A, Acosta M, Arnao MB. (2003).** Hydrophilic and lipophilic antioxidant activity changes during on-vine ripening of tomatoes (*Lycopersicum esculentum*, Mill.). *Postharvest Biology and Technology*, 28:59-65.
- Cantwell M. (2000).** Optimum procedures for ripening tomatoes. *Management of Fruit Ripening*, 9th ed. University of California, Davis, pp. 80–88.
- Carpenter RP, Lyon DH, Hasdell TA. (2002).** Análisis sensorial en el desarrollo y control de calidad de alimentos. 2ª Edición, Editorial ACRIBIA; S.A. Zaragoza (España).
- Carrari F, Baxter C, Usadel B, Urbanczyk-Wochniak E, Zanol MI, Nunes-Nesi A, Nikiforova V, Centro D, Ratzka A, Pauly M, Sweetlove LJ, Fernie AR. (2006).** Integrated analysis of metabolite and transcript levels reveals the metabolic shifts that

underlie tomato fruit development and highlight regulatory aspects of metabolic network behavior. *Plant Physiology*, 142:1380-1396.

Carravedo M. (2006). *Variedades autóctonas de tomates*. Centro de Investigación de Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza.

Castell-Roig V. (1998). Recuperación y conservación de variedades locales de cultivo tradicional: Comunidad Valenciana. En: Una alternativa para el mundo rural del tercer milenio. Actas del *III Congreso de SEAE*, SEAE, Valencia.

Catania C. (2007). *Curso superior de degustación de vinos*. EE A. Mendoza. INTA. Argentina

Chamarro J. (2003). *Anatomía fisiología de la planta*. En: El cultivo del tomate (Nuez, 2007), pp 43-91. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España.

Chassy AW, Bui L, Renaud EN, Van Horn M, Mitchell AE. (2006). Three year comparison of the content of antioxidant microconstituents and several quality characteristics in organic and conventionally managed tomatoes and bell peppers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54:8244-8252.

Chung-Ahuja JK, Holden JM, Forman MR, Mangels AR, Beecher GR, Lanza E. (1993). The development and application of a carotenoid database for fruits, vegetables, and selected multicomponent foods. *Journal of American Dietetic Association*, 93:318-323.

Clifford MN. (1999). Chlorogenic acids and other cinnamates nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79:362-372.

Clinton SK. (1998). Lycopene: Chemistry, biology and implications for human health and disease. *Nutrition Rev*, 56, 35-51.

Colomer MA, et al. (2003). *Evaluación de la diferencia entre dos pruebas discriminativas aplicadas en análisis sensoriales*. Universidad de Lleida, España.

Cox S. (2000). I say tomayto, you say tomahto. <http://lamar.colostate.edu/~samcox/Tomato.html>

Cucu T, Huvaere K, Van Den Bergh MA, Vinkx C, Van Loco J. (2012). A simple and fast HPLC method to determine lycopene in foods. *Food Analytical Methods*, 5:1221-1228.

- Davies** JN, Hobson GE. (1981). The constituents of tomato fruit. The influence of environment, nutrition and genotype. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 15:205-280.
- Davis**, AR; Fish, WW; Perkins–Veazie, P. (2003). A rapid spectrophotometric method for analysing lycopene content in tomato and tomato products. *Postharvest Biology and Technology*, 28:425-430.
- DeRitter** E, Purcell AE. (1981). Carotenoid analytical methods. In *Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursors: Technical and Nutritional Applications* (J. C. Bauernfeind, Ed.), 815-923. Academic Press, New York.
- Dimitrios** B. (2006). Sources of natural phenolic antioxidants. *Trend in Food Science and Technology*, 17:505-512.
- Dorais** M, Papadopoulos AP, Gosselin A (2001). Greenhouse tomato fruit quality. *Horticultural Reviews*, 26:239-319.
- Dorais** M, Ehret DL, Papadopoulos AP. (2008). Tomato (*Solanum Lycopersicum*) health components: from the seed to the consumer. *Phytochemistry Reviews*, 7:231-250.
- Dorgan** JF, Sowell A, Swanson CA, Potischman N, Miller R, Schussler N, Stephenson HE Jr. (1998). Relationship of serum carotenoids, retinol, α -tocopherol and selenium with breast cancer risk: results from a prospective study in Columbia, Missouri. *Cancer Causes Control*, 9:89-97.
- Dudareva** N, E Pichersky (2008). Metabolic engineering of plant volatiles. *Current Opinion in Biotechnology*, 19:181-189.
- Dumas** Y, Dadomo M, Di Lucca G, Grolier P. (2002). Review of the influence of major environmental and agronomic factors on the lycopene content of tomato fruit. *Acta Horticulturae*, 579:595-601.
- Dumas** Y, Dadomo M, Lucca GD, Grolier P. (2003). Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83:369-382.
- Esquinas-Alcázar** J, Nuez–Vinals F, Rodríguez del Rincón A, Tello J, Cuartero J, Segura B. (1995). *Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. El cultivo del tomate*. Madrid (Spain). Ed. Mundi-Prensa.

- Fanasca S**, Colla G, Maiani G, Venneria E, Rouphael Y, Azzini E, Saccardo F. (2006). Changes in antioxidant content of tomato fruits in response to cultivar and nutrient solution composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54:4319-4325.
- FAOSTAT**. (2011). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org>.
- Farah A**, Donangelo CM. (2006). Phenolic compounds in coffee. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18:23-36.
- Favati F**, Lovelli S, Galgano F, Miccolis V, Di Tommaso T, Candido V. (2009). Processing tomato quality as affected by irrigation scheduling. *Scientia Horticulturae*, 122:562-571.
- FESNAD**, Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética. (2010). *Ingestas dietéticas de referencia (IDR) para la población española*. Ed. EUNSA.
- Fish WW**, Perkins–Veazie P, Collins JK. (2002). A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. *Journal of Food Composition and analysis*, 15:309-317.
- Franceschi S**, Bidoli E, Lavecchia C et al. (1994). Tomatoes and risk of digestive tract cancers. *International Journal of Cancer*, 59:181-184.
- Fransella F**, Bannister D. (1977). *A manual for repertory grid technique*. London: Academic Press.
- Gahler S**, Otto K, Böhm V. (2003). Alterations of vitamin C, total phenolics and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. *Food Chemistry*, 51:7962-7968.
- Gallo Pérez F**. (1996). *Manual de fisiología, patología postcosecha y de control de calidad de frutas y hortalizas*. Convenio Sena–Reino Unido. Armenia–Quindio–Colombia (II) 34-52.
- García FS**. (1998). Semillas autóctonas. *Revista Integral*, 5:48-52.
- García–Valverde V**, Navarro–González I, García–Alonso J, Periago MJ. (2011). Antioxidant bioactive compounds in selected industrial processing and fresh consumption tomato cultivars. *Food Bioprocess Technology*, 1-12.

- George B, Kaur C, Khurdiya DS, Kapoor HC. (2004).** Antioxidants in tomato (*Lycopersicum esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry*, 84:45-51.
- Georgelis N, Scott JW, Baldwin EA. (2004).** Relationship of tomato fruit sugar concentration with physical and chemical traits and linkage of RAPD markers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129:839-845.
- Giovannucci E. (1999).** Tomatoes, tomato based products, lycopene, and prostate cancer: Review of the epidemiologic literature response. *Journal of the National Cancer Institute*, 91:317-331.
- Gómes PA, Camelo AFL. (2002)** Calidad postcosecha de tomates almacenados en atmósferas controladas. *Horticultura Brasileira*, 1:38- 43.
- Gómez R, Costa J, Amo M, Alvarruiz A, Picazo M, Pardo J. (2001).** Physicochemical and colorimetric evaluation of local varieties of tomato grown in SE Spain. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81:1101-1105.
- Gould, WA. (1992).** *Tomato Production, Processing & Technology*, 3rd Ed., CTI Pub, Baltimore, pp 15-120 y 236-349.
- Grierson D, Kader AA. (1986).** *Fruit ripening and quality*. In JG Atherton & J Rudich (Eds.), “*The tomato crop: A scientific basis for improvement*” (pp. 241–280). London, Chapman and Hall.
- Gross J. (1991).** *Pigments in Vegetables. Chlorophylls and Carotenoids. Carotenoid distribution in vegetables*. pp 148-250. Chapman and Hall, New York, USA.
- Hadley CW, Clinton SK, Schwartz SJ. (2003).** The consumption of processed tomato products enhances plasma lycopene concentrations in association with a reduced lipoprotein sensitivity to oxidative damage. *Journal of Nutrition*, 133:727-732.
- Halliwell B. (1992).** How to characterise biological antioxidant. *Free Radical Research Communications*, 9:1-32.
- Hart DJ, Scott KJ. (1995).** Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. *Food Chemistry*, 54:101-111.
- Hartl DL. (2011).** *Essential Genetics: A Genomics Perspective*. Fifth Ed. Jones & Bartlett, Sudbury, MA.

Hertog MGL, Hollman PCH, Katan MB. (1992). Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40:2379-2383.

Illescas JL, Bacho O. (2005). *Evolución y tendencias en los mercados de frutas y hortalizas II, Análisis principales variedades de hortalizas y patatas*, MERCASA.

Jack DB. (1995). Keep taking the tomatoes the exciting world of nutraceuticals. *Molecular Medicine Today*, 1:118-121.

Jacob K, García-Alonso FJ, Ros G, Periago MJ. (2010). Stability of carotenoids, phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant capacity of tomatoes during thermal processing. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 60:192-8.

Jiménez A, Creissen G, Kular B, Firmin J, Robinson S, Verhoeyen M, Mullineaux P. (2002). Changes in oxidative processed and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening. *Planta*, 214:751-758.

Jones JB. (1999). Tomato plant culture: in the field. *Greenhouse an Home Garden*, CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, EEUU.

Kader AA, Stevens M, Albright-Holton M, Morris L, Algazi M. (1977). Effect of fruit ripeness when picked on flavor and composition in fresh market tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 102:724-731.

Kader AA, Morris LL, Stevens M., Allbright-Holton M. (1978). Composition and flavour quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 103:6-13.

Kader AA. (1986). Effects of postharvest handling procedures on tomato quality. *Acta Horticulturae*, 190:209-221.

Kader AA. (1993). Postharvest handling. En: *The Biology of Horticulture. An Introductory Textbook*. J. Willey & Sons, Inc. New York. Cap. 15:352-377.

Khachik F, Goli MB, Beecher R, Holden J, Lusby WR, Tenorio MD, Barrera MR. (1992). Effect of food preparation on qualitative and quantitative distribution of major carotenoid constituents of tomatoes and several green vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40:390-398.

- Kramer A**, Twigg B. (1972). *Quality control in the food industry*. The AVI Publishing Co., Inc. Westport, Conn.
- Kristal**, Cohen. (2000). Invited commentary. Tomatoes, lycopene and prostate cancer. How strong is the evidence?. *American Journal of Epidemiology*, 124-127.
- Krumbein A**, Peters P, Bruckner B. (2004). Flavor compounds and a quantitative descriptive analysis of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) of different cultivars in shortterm storage. *Postharvest Biology and Technology*, 35:15-28.
- Kuntz M**, Chen HC, Simkin AJ, Romer S, Shipton CA, Krake R, Schuch W, Bramley PM. (1998). Upregulation of two ripening-related genes from a non-climacteric plant (pepper) in a transgenic climacteric plant (tomato). *Plant Journal*, 351- 361.
- Kuo-Chiang H**, (2008). Evaluation of processing qualities of tomato juice induced by thermal and pressure processing. *LWT Food Science and Technology*, 41:450-459.
- Kurahashi T**, Takahashi K. (1995). Comparison in light condition, fruit quality and photosynthetic rate between canopies of 'Fuji' apple trees trained to a Y-trellis and a central leader. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 64:499-508.
- Larmond**, E. (1973). Physical requirements for sensory testing. *Food Technology* 28.
- Larmond**, E. (1976a). *Sensory measurement of food Texture*, in "Rheology and texture in food quality", (JM de Man, PW Voisey, VF Rasper & DW Stanley). The AVI Publishing Co. Inc. Westport, Conn.
- Larmond**, E. (1976b). *The texture profile*, in "Rheology and texture in food quality", (JM de Man, PW Voisey, VF Rasper & DW Stanley). The AVI Publishing Co. Inc. Westport, Conn.
- Larmond E**. (1977). *Laboratory methods for sensory evaluation of foods*. Canada Department Agriculture, Publication 1637.
- Larry R**, Joanne L. (2007). *Genetic resources of tomato*. In: Razdan MK, Mattoo AK, editors. *Genetic improvement of solanaceous crops*. Volume 2. Enfield, NH: Science Publishers.
- Lee SK**, Kader AA. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20:207-220.

- León-Sánchez** DF, Pelayo-Zaldívarb C, Rivera-Cabrera F, Ponce-Valadeza M, Ávila-Alejandra X, Fernández FJ. (2009). Effect of refrigerated storage on aroma and alcohol dehydrogenase activity in tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 54:93-100.
- Leonardi** C, Ambrosino P, Esposito F, Fogliano V. (2000). Antioxidative activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48:4723-4727.
- Leoni** C. (1992). Industrial quality as influenced by crop management. *Acta Horticulturae*, 301:177-184.
- Lin** CH, Chen BH. (2003). Determination of carotenoids in tomato juice by liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1012:103-109.
- Liptay** A, Papadopoulos AP, Bryan HH & Gull D. (1986). Ascorbic acid levels in tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) at low temperatures. *Agricultural Biology and Chemistry*, 50:3185-3187.
- Liu** LH, Zabaras D, Bennett LE, Aguas P, Woonton BW. (2009). Effects of UV-C, red light and sun light on the carotenoid content and physical qualities of tomatoes during postharvest storage. *Food Chemistry*, 115:495–500.
- Lopez-Camelo** AL, Gómez P, Artes F. (2003). Use of a* and b* colour parameters to assess the effect of some growth regulators on carotenoid biosynthesis during postharvest tomato ripening. *Acta Horticulturae*, 599:305-308.
- Lucini** L, Pellizzoni M, Baffi C, et al. (2012). Rapid determination of lycopene and β -carotene in tomato by liquid chromatography/electrospray tandem mass spectrometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92:1297-1303.
- Luthria** DL, Mukhopadhyaya S, Krizek DT. (2006). Content of total phenolic and phenolic acids in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits as influenced by cultivar and solar UV radiation. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19:771-777.
- Macua** JI, Lahoz I, Santos A, Calvillo S. (2011). Tomate de industria 2010. Balance de campaña y nuevas variedades. *Navarra Agraria*, Enero-Febrero, 7–14.

- Mahajan G, Singh KG. (2006).** Response of greenhouse tomato to irrigation and fertigation. *Agricultural Water Manage*, 84:202-206.
- Maharaj R, Arul J, Nadeau P. (1999).** Effect of photochemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Capello) by delaying senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 15:13–23.
- Maharaj R, Arul J, Nadeau P. (2010).** UV–C Irradiation of tomato and its effects on colour and pigments. *Advances in Environmental Biology*, 4:308-315.
- Markovic K, Krbavcic I, Panjkota KM et al. (2010).** The lycopene content in pulp and peel of five fresh tomato cultivars. *Acta Alimentaria*, 39:90-98.
- MARM–ACES. (2008).** La distribución agroalimentaria y transformaciones estratégicas en la cadena de valor. <http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria>
- Marshall JA, Knapp S, Davey MR et al. (2001).** Molecular systematics of Solanum section *Lycopersicum* (*Lycopersicon*) using the nuclear ITS rDNA region. *Theoretical and Applied Genetics*, 103:1216-1222.
- Martínez-Valverde I, Periago MJ, Provan G, Chesson A. (2002).** Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82:323-330.
- Massota C, Génarda M, Stevensb R, Gautier H. (2010).** Fluctuations in sugar content are not determinant in explaining variations in vitamin C in tomato fruit. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48:751-757.
- Maul E, Sargent SA, Sims CA, Baldwin EA, Balaban MO, Huber DJ. (2000).** Tomato flavor and aroma quality as affected by storage temperature. *Journal of Food Science*, 65:1228-1237.
- Meilgaard MC, Civille GV, Carr BT. (2007).** *Sensory Evaluation Techniques*, Fourth Edition. CRC Press/Taylor & Francis.
- Mercasa. (2009).** <http://www.mercasa.es>
- Meredith FI, Purcell EA. (1966).** Changes in the concentration of carotenes of ripening homestead tomatoes. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 89:544.

Mikkelsen RL. (2005). Tomato flavor and plant nutrition: a brief review. *Better Crops with Plant Food*, 89:14-15.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM). (2009). *Anuario de estadística*.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). (2011)

Mohammadi–Aylar S, Jamaati–e–Somarin S, Jafar Azim S. (2010). Effect of stage of ripening on mechanical damage in tomato fruits. American–Eurasian. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 9:297–302.

Murneek AE, Maharg L, Wittwer SH. (1954). Ascorbic acid (vitamin C) content of tomatoes and apples. *University of Missouri, Agricultural Experimental Station. Research Bulletin*, 568:3-24.

Navarro, M. (1975). *Control de calidad*. Universidad Iberoamericana. Departamento de Ciencias de la Nutrición y de los Alimentos. México, D.F.

Navez B, Letard M, Graselly D, Jost M. (1999). Les critères de qualité de la tomate. *Infos-Ctifl*, 155:41-47.

Nielsen S. (2003). *Food analysis*, 3rd ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

Nguyen ML, Schwartz SJ. (1999). Lycopene: chemical and biological properties. *Food Technology*, 53:38-53.

Norrish AE, Jackson RT, Sharpe SJ, et al. (2000). Prostate cancer and dietary carotenoids. *American Journal of Epidemiology*, 151:119-123.

Nuez F. (2003). *El cultivo del tomate*. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España.

O’Mahoney M. (1986). Sensory evaluation of food: statistical methods and procedures. New York: Marcel Dekker.

Omoni AO, Aluko RE. (2005). The anticarcinogenic and antiatherogenic effects of lycopene: a review. *Trend in Food Science and Technology*, 16:344-350.

Özkan M, Kirca A, Cemeroglu B. (2004). Effects of hydrogen peroxide on the stability of ascorbic acid during storage in various fruit juices. *Food Chemistry*, 88:591-597.

- Pedro** MK, Ferreira MC. (2007). Simultaneously calibrating solids, sugars and acidity of tomato products using PLS2 and NIR spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, 595:221-227.
- Peet** MM. (1996). *Sustainable Practices for Vegetable Production in the South*. Focus Publishing, R. Pullins Company, Newburyport, EEUU, pp 149-157.
- Peralta** IE, Spooner DM. (2001). Granule-bound starch synthase (GBSSI) gene phylogeny of wild tomatoes (*Solanum* L. section *Lycopersicon* [Mill.] Wettst. subsection *Lycopersicon*). *American Journal of Botany*, 88:1888-1902.
- Peralta** IE, Spooner DM. (2007). *History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae)* In: Razdan MK, Mattoo AK, editors. *Genetic improvement of solanaceous crops*. Volume 2. Enfield, NH: Science Publishers, 1-27.
- Pérez-Conesa** D, García-Alonso J, García-Valverde V, Iniesta M, Jacob K, Sánchez-Siles LM, Ros G, Periago MJ. (2009). Changes in bioactive compounds and antioxidant activity during homogenization and thermal processing of tomato puree. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10:179-188.
- Periago** MJ, Martínez-Valverde I, Ros G, Martínez C, López G. (2001). Chemical and biological properties and nutritional value of lycopene. *An. Vet. (Murcia)*, 17:51-66.
- Periago** MJ, García-Alonso J, Jacob K, Olivares AB, Bernal MJ, Iniesta MD, Martínez C, Ros G. (2009). Bioactive compounds, foliates and antioxidant properties of tomatoes (*Lycopersicum esculentum*) during vine ripening. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60:694-708.
- Perkins-Veazie**, P; Collins, JK; Pair, SD; et al. (2001). Lycopene content differs among red-fleshed watermelon cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81:983-987.
- Podsedek** A, Sosnowska D, Anders B. (2003). Antioxidative capacity of tomato products. *European Food Research and Technology*, 217:296-300.
- Primo-Yufera** E. (1997). *Química de los alimentos*. Ed. Síntesis. España.
- Raffo** A, La Malfa G, Fogliano V, Maiani G, Quaglia G. (2006). Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). *Journal of Food Composition and Analysis*, 19:11-19.

- Rao AV, Agarwal S. (1998).** Bioavailability and in vivo antioxidant properties of lycopene from tomato products and their possible role in the prevention of cancer. *Nutrition and Cancer*, 31: 199-203.
- Rao AV, Agarwal S. (2000).** Role of antioxidant lycopene in cancer and heart disease. *Journal of the American College of Nutrition*, 19:563–569.
- Rao AV, Rao LG. (2007).** Carotenoids and human health. *Pharmacological Research*, 55:207-216.
- Reche J. (2010).** *Cultivo de tomate en invernadero*. Publicado por: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Rees TA, Entwistle G. (1988).** Enzymic capacities of amyloplasts from wheat (*Triticum aestivum*) endosperm. *Biochemical journal*, 255:391-396.
- Reina, Guzmán–Torres, Sánchez. (1998).** *Manejo en postcosecha y evaluación de la calidad de tomate que se comercializa en la ciudad de Neiva*. Universidad Sur colombiana, Neiva, Colombia.
- Rivera–Martínez A, Pomar–Barbeito F, Taboada–Arias A, Fernández–González JA, Rodríguez–Becerro U. (2007).** *Evaluación de parámetros de calidad en cultivares y ecotipos de tomate para consumo en fresco*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). <http://www.magrama.gob.es/es/>
- Robertson GH, Mahoney NE, Goodman N et al. (1995).** Regulation of lycopene formation in cell–suspension culture of VFNT tomato (*Lycopersicum esculentum*) by CPTA, growth–regulators, sucrose, and temperature. *Journal of Experimental Botany*, 46:667-673.
- Romojaro F, Martínez–Madrid MC, Pretel MT. (2006).** Factores precosecha determinantes de la calidad y conservación en postcosecha de productos agrarios. V Simposio Ibérico VIII Nacional de Maduración y Post–Recolección, Orihuela Alicante. pp. 91-96.
- Sabio E, Lozano M, de Espinosa VM, et al. (2003).** Lycopene and beta-carotene extraction from tomato processing waste using supercritical CO₂. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 42:6641-6646.

- Salveit ME. (1993).** Internal carbon dioxide and ethylene levels in ripening tomato fruit attached to or detached from the plant. *Plant Physiology*, 204-210.
- Sánchez–Mata MC, Cámara–Hurtado M, Díez–Marqués C, Torija–Isasa ME. (2000).** Comparison of high performance liquid chromatography and spectrofluorimetry for vitamin C analysis of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *European Food Research and Technology*, 210:220–225.
- Sánchez–Moreno C, Plaza L, de Ancos B, Cano MP. (2003).** Vitamin C, provitamin A carotenoids, and other carotenoids in high-pressurized orange juice during refrigerated storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:647-653.
- Sánchez–Moreno C, Plaza L, de Ancos B, Cano MP. (2006).** Nutritional characterisation of commercial traditional pasteurised tomato juices: carotenoids, vitamin C and radical–scavenging capacity. *Food Chemistry*, 98:749-756.
- Sancho J, Bota E, de Castro JJ. (2002).** *Análisis sensorial de los alimentos*. Editorial Alfaomega. México, D.F.
- Scheffé H. (1952).** An analysis of variance for paired comparisons. *Journal of the American Statistical Association*, 47:381.
- Seymour GB, Taylor JE, Tucher GA. (1993).** *Biochemistry of Fruit Ripening*. 1st Ed., Chapman and Hall, London.
- Sharma SK, Le Maguer M. (1996).** Lycopene in tomatoes and tomato pulp fractions. *Italian Journal of Food Science*, 2:107-113.
- Shewfelt RL, Thai CN, Davis JW. (1988).** Prediction of changes in colour of tomatoes during ripening at different constant temperatures. *Journal of Food Science*, 53:1433-37.
- Shewfelt RL. (1990).** Sources of variation in the nutrient content of agricultural commodities from the farm to the consumer. *Journal of Food Quality*, 13:37-54.
- Shinohara Y, Suzuki Y, Shibuya M. (1982).** Effects of cultivation method, growing season and cultivar on the ascorbic acid content of tomato fruits. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 51:338-343.
- Sies H, Stahl W, Sundquist AR. (1992).** Antioxidant functions of vitamins. Vitamins E and C, β -carotene, and other carotenoids. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 669:7-20.

- Skoog** DA, West DM. (2000). *Química Analítica*. Ed. McGraw-Hill.
- Soto–Zamora** G, Yahia EM, Brecht JK, Gardea A. (2005). Effects of postharvest hot air treatments on the quality and antioxidant levels in tomato fruit. *LWT- Food Science and Technology*, 38:657-663.
- Spooner** DM, Anderson GJ, Jansen RK. (1993). Chloroplast DNA evidence for the interrelationships of tomatoes, potatoes, and pepinos (Solanaceae). *American Journal of Botany*, 80:676-688.
- Stevens** MA, Kader AA, Albrightolton M, et al. (1977). Genotypic variation for flavor and composition in fresh market tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 102: 680-689.
- Story** EN, Kopec RE, Schwartz SJ, Harris GK. (2010). An update on the health effects of tomato lycopene. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1:187-210.
- Subbiah** K, Perumal R (1990). Effect of calcium sources, concentrations, stages and numbers of sprays on physiochemical properties of tomato fruits. *South Indian Horticulture*, 38:20-27.
- Takeoka** G, Dao L, Flessa S, Gillespie D, Jewell W, Huebner B, Bertow D, Ebeler S. (2001). Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49:3713-3717.
- Tandon** KS, Baldwin EA, Scott JW, Shewfelt RL. (2003). Linking sensory descriptors to volatile and non volatile components of fresh Tomato flavor. *Journal of Food Science*, 68:2366-2371.
- Tang** LL, Jin TY, Zeng XB, Wang JS. (2005). Lycopene inhibits the growth of human androgen independent prostate cancer cells in vitro and in BALB/c nude mice. *The Journal of Nutrition*, 135:287-290.
- Thompson** KA, Marshall MR, Sims CA, Wei CI, Sargent SA, Sott JW. (2000). Cultivar, maturity and heat treatment on lycopene content in tomatoes. *Journal of Food Science*, 65:791-795.
- Thybo** AK, Edelenbos M, Christensen LP, Sørensenb JN, Thorup–Kristensenbet K. (2006). Effect of organic growing systems on sensory quality and chemical composition of tomatoes. *LWT Food Science and Technology*, 39:835-843.

- Tieman D**, et al. (2012). The chemical interactions underlying tomato flavor preferences. *Current Biology*, 22:1035-1039.
- Toor RK**, Savage GP. (2005). Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International*, 38:487-494.
- Toor RK**, Savage GP. (2006). Changes in major antioxidant components of tomatoes during post harvest storage. *Food Chemistry*, 99:724-727.
- Topal U**, Sasaki M, Goto M, et al. (2006). Extraction of lycopene from tomato skin with supercritical carbon dioxide: Effect of operating conditions and solubility analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54:5604-5610.
- Vagi E**, Simandi B, Vasarhelyine KP, et al. (2007). Supercritical carbon dioxide extraction of carotenoids, tocopherols and sitosterols from industrial tomato by products. *Journal of Supercritical Fluids*, 40:218-226.
- Valdés F**. (2006). Vitamina C. *Actas Dermo Sifiliográficas*, 97:557–568.
- Vallejo FA**. (1999). *Mejoramiento genético y producción de tomate en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. 216 p.
- Warnock SJ**. (1988). A review of taxonomy and phylogeny of the genus *Lycopersicon*. *HortScience* 23:669–673.
- Willcox JK**, Catignani GL, Lazarus, S. (2003). Tomatoes and cardiovascular health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43:1-18.
- Wills R**, McGlasson B. Graham D and Joyce D. (1998). *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. UNSW Press, Australia 1-262.
- Yamaki S**. (1995). Physiology and metabolism of fruit development, biochemistry of sugar metabolism and compartmentation in fruits. *Acta Horticulturae*, 398:109-120.
- Yaping Z**, Suping Q, Wenli Y, Zheng X, Hong S, Side Y, Dapu W. (2002). Antioxidant activity of lycopene extracted from tomato paste towards trichloromethyl peroxy radical CCl₃O₂. *Food Chemistry*, 77:209-212.
- Yilmaz, E**. (2001). The chemistry of fresh tomato flavor. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, 25:149-155.

Zechmeister L, Lerosen AL, Schroeder WA, Polgar A, Pauling L. (1943a). Spectral characteristics and configuration of some stereo isomeric carotenoids including prolycopene and pro-carotene. *Journal of American Chemical Society*, 65:1940–1951.

Zechmeister L, Polgar A. (1943b). Cis–trans isomerization and spectral characteristics of carotenoids and some related compounds. *Journal of American Chemical Society*, 65:1522–1528.

Zhou K, Yu L. (2006). Total phenolic contents and antioxidant properties of commonly consumed vegetables grown in Colorado. *LWT–Food Science and Technology*, 39:1155–1162.

Zushi K, Matsuzoe N. (1998). Effect of soil water deficit on vitamin C, sugar, organic acid, amino acid and carotene contents of large fruited tomatoes. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 67:927–933.